

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a zařízení

Konstrukční návrh testovacího zařízení pro stanovení ergonomických parametrů lidské
paže

Constructional suggestion of testing equipment for determination ergonomic's parameters
of human arm

Student:

Jana Ďord'ová

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Tomáš Kubín

Ostrava 2010

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Jana Ďord'ová

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Pstruží 249, Frýdlant n./O., 73911

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ŘDŘOVÁ, J. *Konstrukční návrh testovacího zařízení pro stanovení ergonomických parametrů lidské paže: bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, fakulta strojní, katedra výrobních strojů a konstruování, 2010, 50s. Vedoucí práce: KUBÍN, T.

Bakalářská práce se zabývá návrhem a konstrukčním řešením trenažeru založeném na principu jednoduché páky a ve výsledku pro stanovení lidské síly. V úvodu se zmiňuji o podobných výrobcích, které jsou využívány v zábavním průmyslu. Dále řeším vstupní hodnoty, podle kterých se odvíjí následující návrh. Některé z komponentů jsou doprovázené pevnostními výpočty nebo analýzou MKP. V závěru hodnotím vlastní návrh práce. Projekt navazuje na bakalářskou práci studentky, která se zabývá ergonomickou a designovou stránkou věci.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

ŘDŘOVÁ, J. *Constructional suggestion of testing equipment for determination of ergonomic's parameters of human arm: Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2010, 50 p. Thesis head: KUBÍN, T.

The bachelor thesis deals with the proposal and constructional solution of trainer based on the principle of simple bar and in the results for determination of human force. At the beginning I have mentioned similar products which are used in entertainment industry. Further I have solved the input values according to which the following proposal has been derived. Some of components are supplied by strength calculations or by FEM analyses. At the conclusion I have evaluated my own proposal of bachelor thesis. The project continues the bachelor thesis of the student who deals with the ergonomics and design part of the event.

OBSAH

Seznam použitých značek a symbolů.....	8
Úvod	10
1. Současný stav produktů.....	11
1.1 Nabídka trenažéru na trhu.....	11
2. Stanovení okrajových podmínek.....	13
2.1 Měření.....	13
2.2 Princip funkce.....	14
2.3 Výpočet zatížení jednotlivých prvků.....	16
3. Popis konstrukce.....	21
3.1 Sestava hřídele.....	22
3.2 Sestava kladky a upevnění lana.....	28
3.3 Sestava polohování plynové pružiny.....	30
3.4 Sestava polohovací páky.....	34
3.5 Konstrukce rámu.....	36
3.6 Pružina.....	36
4. Pevnostní kontrola namáhaných součástí.....	39
4.1 Čep polohovací páky.....	39
4.2 Čep kladky.....	41
4.3 Zatížení hřídele.....	43
4.4 Zatížení polohovací páky v MKP.....	45
5. Závěr.....	47
6. Seznam použitých pramenů.....	48
7. Seznam příloh.....	50

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

$b_{\check{c}k}$	délka uložení čepu kladky	[mm]
$b_{\check{c}p}$	délka uložení čepu polohovací páky	[mm]
$d_{\check{c}k}$	průměr čepu kladky	[mm]
$d_{\check{c}p}$	průměr čepu polohovací páky	[mm]
E	modul pružnosti v tahu hřídele	[Mpa]
F	síla	[N]
$F_{\check{c}ep}$	síla působící na čep	[N]
F_{kladky}	síla od kladky	[N]
F_{lana}	síla od namotávání lana na hřídel	[N]
$F_{páka}$	síla na páce	[N]
$F_{plyn.pružina}$	síla od plynové pružiny	[N]
$F_{výpalek}$	síla kolmá na polohovací páku v místě výběhu	[N]
$F_{\perp kladky}$	síla kolmá na polohovací páku v místě lana	[N]
f_{max}	maximální průhyb hřídele	[μm]
G	modul pružnosti v tlaku	[Mpa]
k_s	koeficient statické bezpečnosti čepu	[-]
L	délka hřídele	[mm]
m	hmotnost hřídele	[kg]
$Mo_{max\check{c}k}$	max. ohybový moment čepu kladky	[Mpa]
$Mo_{max\check{c}p}$	max. ohybový moment čepu polohovací páky	[Mpa]
P	tlak působící v místě čepu	[Mpa]
P_D	dovolený tlak v čepech	[Mpa]
R_a	axiální složka reakce	[N]
R_b	radiální složka reakce	[N]
R_e	statická bezpečnost	[-]
$R_{hřidel\ horiz.}$	délka namotáv. lana na hřídel v horizontálním stavu páky	[mm]
$R_{hřidel\ vertik.}$	délka namotáv. lana na hřídel ve vertikálním stavu páky	[mm]
R_{kladky}	poloměr namotávání lana na polohovací páku	[mm]
$R_{páka}$	délka páky	[mm]
$R_{výpalek}$	poloměr výběhu na polohovacím výpalku (1 až 8)	[mm]
R_{1x}	axiální složka reakce R1	[N]
R_{1y}	radiální složka reakce R1	[N]

R_{2y}	radiální složka reakce R2	[N]
R_{3x}	axiální složka reakce R3	[N]
R_{3y}	radiální složka reakce R3	[N]
R_{4y}	radiální složka reakce R4	[N]
S	plocha čepu, na které působí zatížení	[mm ²]
W_o	modul průřezu čepu v ohybu	[mm ³]
σ_B	napětí v ohybu hřídele	[Mpa]
$\sigma_{očk}$	ohybové napětí v čepu kladky	[Mpa]
$\sigma_{očp}$	ohybové napětí v čepu polohovací páky	[Mpa]
σ_{Dov}	dovolené napětí v ohybu	[Mpa]
σ_T	napětí v tahu hřídele	[Mpa]
σ_{red}	redukované napětí v hřídeli	[Mpa]
τ_s	napětí ve smyku hřídele	[Mpa]
φ	úhel zkroucení hřídele	[°]
ρ	hustota oceli hřídele	[kg.m ⁻³]
π	Ludolfovo číslo	[-]

ÚVOD

Snahou je vytvořit zařízení určené především pro zábavu. Dnešní zábavní průmysl představuje mnoho strojů od malých stolových her po velké horské dráhy. Veškeré tyto produkty jsou navrženy v souladu s bezpečností, funkčností a designem, který je v dnešní době jedním z hlavních požadavků.

Každý snad zná hru „páka“, jejímž principem je přetlačování dvou předloktí, která jsou spojená dlaní jednotlivých hráčů. Pravidlem je mít loket opřen pevně o podložku. Vyhrává ten, kdo předloktí protihráče překlopí k podložce. V této bakalářské práci navrhuji stroj, který nahradí ruku soupeře a bude také klást odpor na paži uživatele. Myšlenka vznikla z potřeby vlastnit zařízení, které by prezentovalo katedru Konstrukce výrobních strojů a zařízení na předváděcích akcích školy. Ukázat budoucím uchazečům fakulty strojní, jak lze pomocí konstrukce a strojních součástí postupně vytvořit sestavu dílů, které se nás snaží přetlačit. Pro tyto účely jsou základními požadavky malé rozměry, váha a cena. Snahou bude používat co nejvíce normalizovaných a snadno dostupných součástí. Vize představuje nalákat studenty také na designové obory, neboť tuto problematikou se bude zabývat studentka oboru Průmyslový design.

1. SOUČASNÝ STAV PRODUKTŮ

Pro vytvoření mobilního zařízení, jež napodobuje hru "páka", jsem se nedohledala k žádnému přesně odpovídajícímu výrobku dle požadavku na provoz, rozměry a funkčnost.

První dva uvedené zábavní simulátory síly se nejvíce přibližují mé bakalářské práci. Princip přetlačování sil pomocí páky je stejný. Avšak představa výsledků mé práce je zařízení lehce přemístitelné bez nároku na elektrický proud a využitého místa k samostatnému fungování.

1.1 Nabídka trenažéru na trhu

Návrh společnosti "Zábavné atrakce"

Klasická silová disciplína, kdy si každý chce vyzkoušet, zda v páce přetlačí svého soupeře. U simulátoru páky je svalnatý chlapík, který nedá nikomu nic zadarmo. Simulátor vyhodnocuje nejen samotné přetlačení protivníka, ale také rychlost a sílu tlaku přetlačení. Atrakce je vhodná pro děti i dospělé, na dětské dny, firemní akce a večírky. Instalace možná i v interiéru.[1]

Technické podmínky

- prostor 2x2m
- přívod el. energie 220V po celou dobu provozu atrakce, příkon 1kW



Obrázek 1.1 Simulátor páky Zábavné atrakce [1]

Návrh společnosti "Zábavné nafukovadla"

Firma využívá jiného designu, vyhodnocení síly je číslicově na digitálním displeji. Ke správné práci je opět potřeba přívod el. energie 220V.



Obrázek 1.2 Simulátor páky Zábavné nafukovadla [2]

Automat Futbal umožňuje změřit si sílu svého úderu nohou.



Obrázek 1.3 Silový automat Futbal [2]

Automat Boxer pracuje na stejném principu jako automat Futbol s rozdílem úderu rukou



Obrázek 1.4 Silový automat Boxer [2]

2. STANOVENÍ OKRAJOVÝCH PODMÍNEK

Kapitola se zabývá rozbořem zadání a zjištěním dalších vstupních informací, z kterých bude návrh vycházet.

2.1 Měření

Abych zjistila přibližné síly vykonané lidskou paží, provedla jsem měření studentů, mužů i žen, a výsledkem jsou hodnoty vyobrazené v tabulce 2.1 a tabulce 2.2. Hodnotila jsem síly vyvinuté v různých polohách při sklápění paže z vertikální polohy přes poloviční 45° do horizontální. Dále jsem zahrнула délky předloktí jednotlivců pro zjištění, na jaké páce bude působit jejich síla. Hodnoty výšky, váhy a sportovní aktivity jsou pouze doplňující informace.

Tabulka 2.1 Silového působení muže

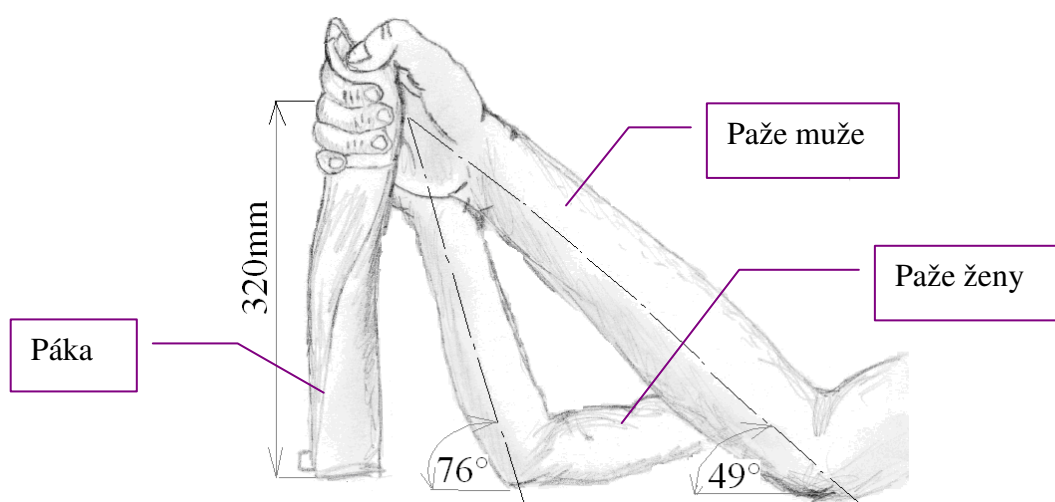
Muž č.	Poloha páky			Délka předloktí	Výška muže	Váha	Sportovec
	Vertikální 0°	Mezi poloha 45°	Horizontální 90°	[m]	[m]	[kg]	[-]
1	167,76	238,85	207,57	413	180	80	ne
2	339,79	324,15	251,64	405	174	74	ne
3	197,62	206,15	244,53	400	172	76	ne
4	193,35	234,58	118	412	190	80	ne
5	396,65	378,17	381,02	410	174	88	ne
6	217,52	270,12	221,79	403	177	75	ne
7	199,04	201,88	224,63	413	182	78	ne
8	136,48	130,8	169,18	401	187	75	ne
9	120,85	125,11	227,47	390	176	63	ne
10	177,71	166,34	162,07	397	180	82	ne
11	332,68	319,88	304,24	423	185	125	ne
12	351,16	358,27	291,45	425	181	83	ne
13	135,06	156,39	270,12	400	175	72	ne
14	154,97	140,75	133,64	360	173	73	ne
15	326,99	334,1	211,83	420	187	79	ano
16	176,29	164,92	181,08	380	178	84	ne
17	218,94	193,35	191,93	398	187	79	ano
Průměr	226,05	231,99	223,07	402,94	179,88	80,35	

Tabulka 2.1 Silového působení ženy

Žena č.	Poloha páky			Délka předloktí	Výška ženy	Váha	Sportovkyně
	Vertikální 0°	Mezi poloha 45°	Horizontální 90°	[m]	[m]	[kg]	[-]
1	83,88	110,89	85,3	330	165	57	ne
2	129,38	122,27	119,42	365	164	61	ano
3	143,59	116,58	113,74	370	175	65	ne
Průměr	118,95	116,58	106,15	355,00	168,00	61,00	

Bakalářský projekt navrhuji tak, aby zařízení bylo možno použít pro ženu s menší délkou předloktí. Proto délku páky dle měření volím 320mm a z této hodnoty nadále vycházím. Samozřejmě nemusí být pravidlem, že žena má menší délku ruky než muž, ale v této práci se držím naměřených hodnot.

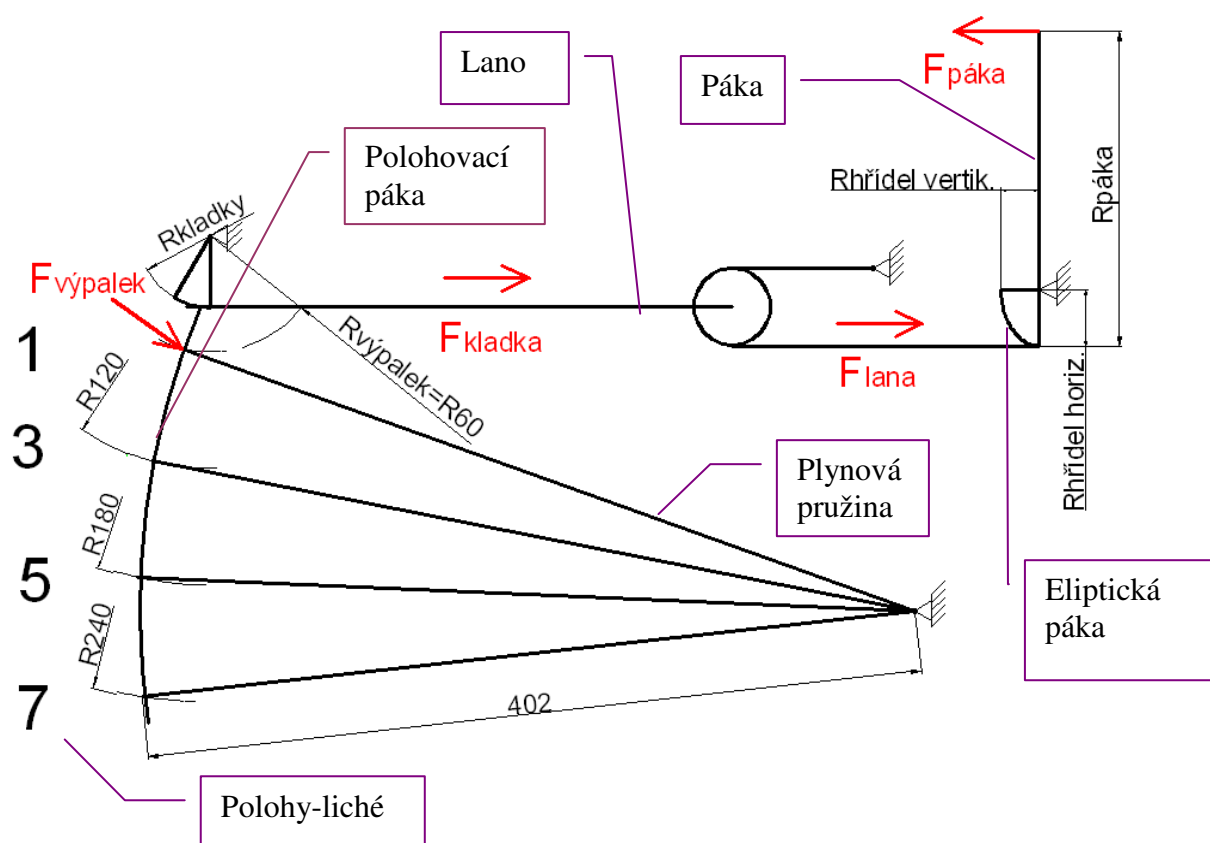
Obrázek 2.1 ukazuje, jak se mění sklon předloktí od podložky v závislosti na délce ruky od loktu po dlaň. Úhel jsem vypočetla z goniometrické funkce sinus a pravoúhlého trojúhelníku, kde odvěsna (délka páky) a přepona (délka předloktí) jsou známe hodnoty.



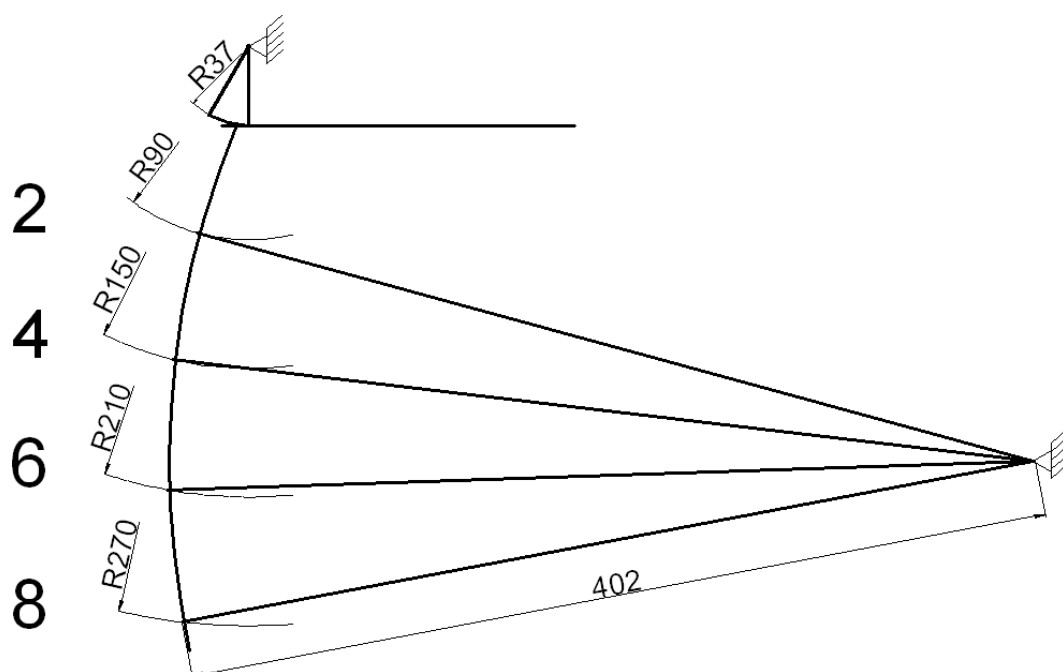
Obrázek 2.1 Úhel sevření páky a předloktí

2.2 Princip funkce

Obrázek 2.2 zobrazuje jednotlivé rozmístění za sebou jdoucích prvků pro vytvoření silových účinků na lidskou paži. A to tak, aby bylo možno uplatnit různé úrovně obtížnosti působení síly na páku v naznačeném směru. Postupným uvolňováním páky z vertikální do horizontální polohy se na eliptickou páku umístěnou na hřídeli navíjí lano. Lano je omotáno na kladce a pevně spojené s rámem. Z kladky je nově vedeno k polohovací páce, která opět představuje princip páky (síla x rameno), tudíž s přibývajícím délkou ramene od navíjení lana se zatížení zvětšuje. Odpor vykonává plynová pružina opřena o polohovací páku.



Obrázek 2.2 Princip práce páky a rozmístění lichých pozic

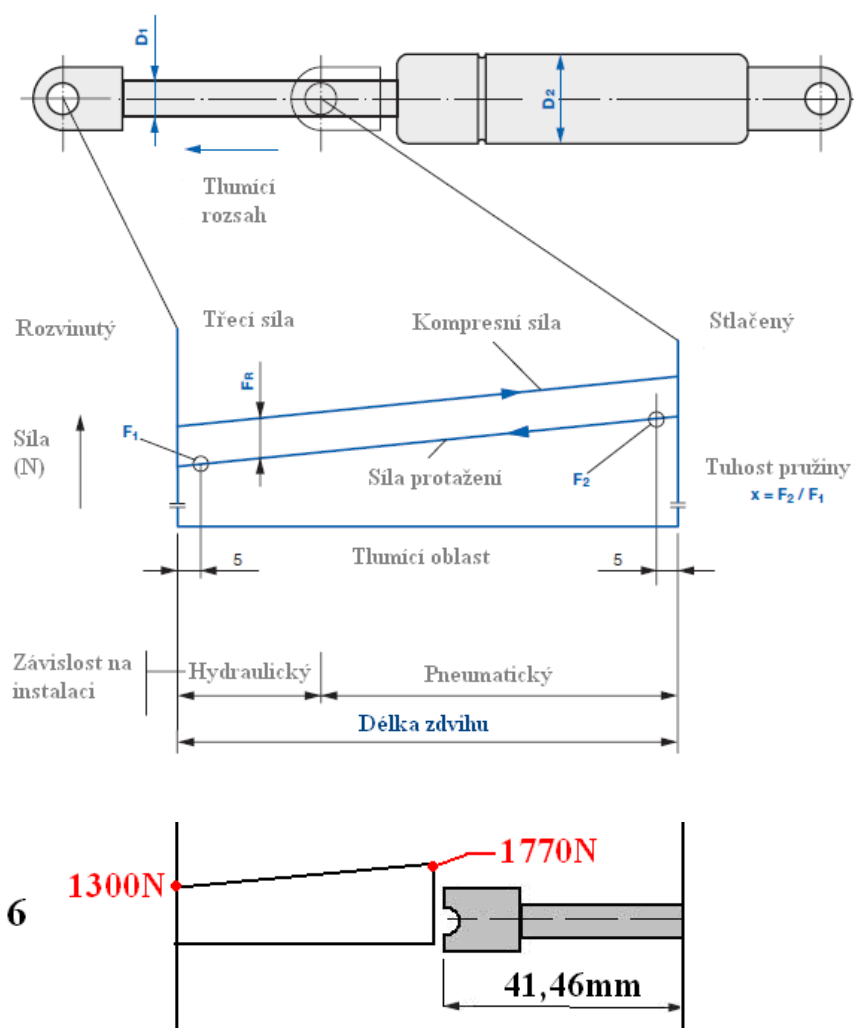


Obrázek 2.3 Rozmístění sudých pozic na polohovací páce

2.3 Výpočet zatížení jednotlivých prvků

Prvky jsou navzájem spojeny, tudíž na sebe působí a přenášejí síly. Pro ukázkou výpočtu jsem si vybrala pozici zatížení číslo 6 z toho důvodu, že síly v obrázcích jsou přehledně rozmístěny pro popis jejich názvu a rozměrů. Ve všech ostatních bodech pozic 1 až 8 je princip výpočtu obdobný.

Síly od plynové pružiny na polohovací páce



Obrázek 2.4 Nárůst síly pružiny a délka stlačení pístu po zatížení

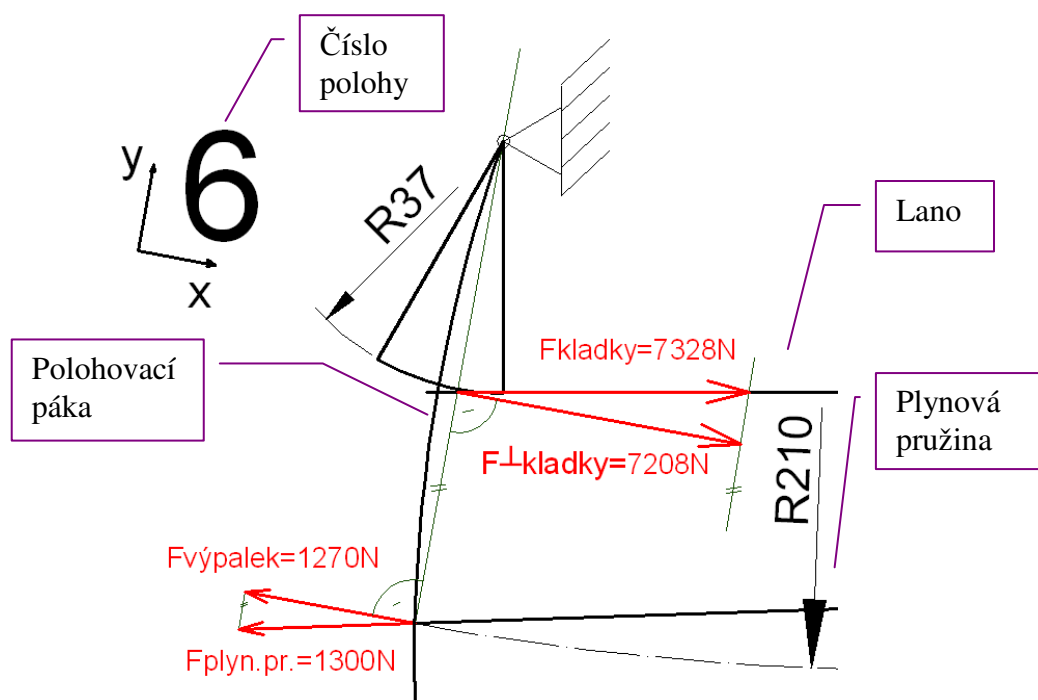
Tabulka 2.3 Technické informace plynové pružiny

F1	x	F _R max
[N]	[-]	[N]
1300	1,5	80

Plynová pružina je předepjatá na 1300N a postupným stlačováním nabývá na odporu. Tuhost je podle tabulkové hodnoty z katalogu firmy stabilus $x=1,5[-]$

Pružina při své funkci však není vždy kolmá k polohovací páce, a proto je nutné rozložit směr síly do souřadnicového systému dle obrázku 2.5.

Z obloukového tvaru polohovací páky jsem si pro výpočet zavedla rovnou čáru z bodu otáčení k výběžku, v tomto případě pro pozici číslo 6, a určila síly kolmé na tuto úsečku. Síly "F výpalek" a "F kladky" jsou číselně vyřešené pomocí počítačového programu Autocad.



Obrázek 2.5 Působení sil na poloh. páku v pozici 6 pro páku ve vertikální poloze

Síla na kladce

Kladka se volně pohybuje po dráze, kterou je vedeno lano. Při namotání lanka na eliptickou páku se její dráha pomocí zavedení kladky zmenší na polovinu, ale síla mezi kladkou a polohovací pákou se zvětší dvojnásobně.

$$F_{\perp kladka} = \frac{F_{výpalek} \cdot R_{výpalek}}{R_{kladka}}$$

$$F_{\perp kladka} = \frac{1270 \cdot 0,21}{0,037} \quad (2.1)$$

$$F_{\perp kladka} = 7208N$$

Síla v laně

Princip kladky spočívá ve zmenšení síly v pramenu lana, proto je síla v laně poloviční síle v kladce.

$$F_{lana} = \frac{F_{kladky}}{2}$$

$$F_{lana} = \frac{7328}{2} \quad (2.2)$$

$$F_{lana} = 3664N$$

Síla na páce

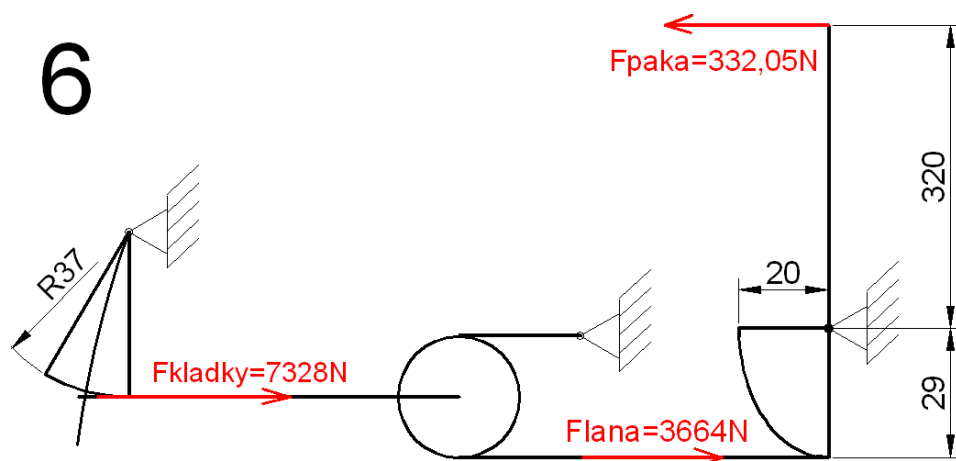
Výpočet skutečně síly, kterou bude muset uživatel použít při nastavení do pozice na výpalku č.6, je lehce řešitelná pomocí obrázku 2.6. Páku si lze představit jako nosník se známou silou v laně a jejími rozměry. V místě kloubové vazby se nosník otáčí a nabírá lano. Ve vertikální poloze páky se lano vzhledem k ose navinuje na 29mm. Při horizontální poloze končí délka eliptické páky na 20mm.

$$F_{paka} = \frac{F_{lana} \cdot R_{hridele}}{R_{paka}}$$

$$F_{paka} = \frac{3664 \cdot 0,029}{0,32} \quad (2.3)$$

$$F_{paka} = 332,05N$$

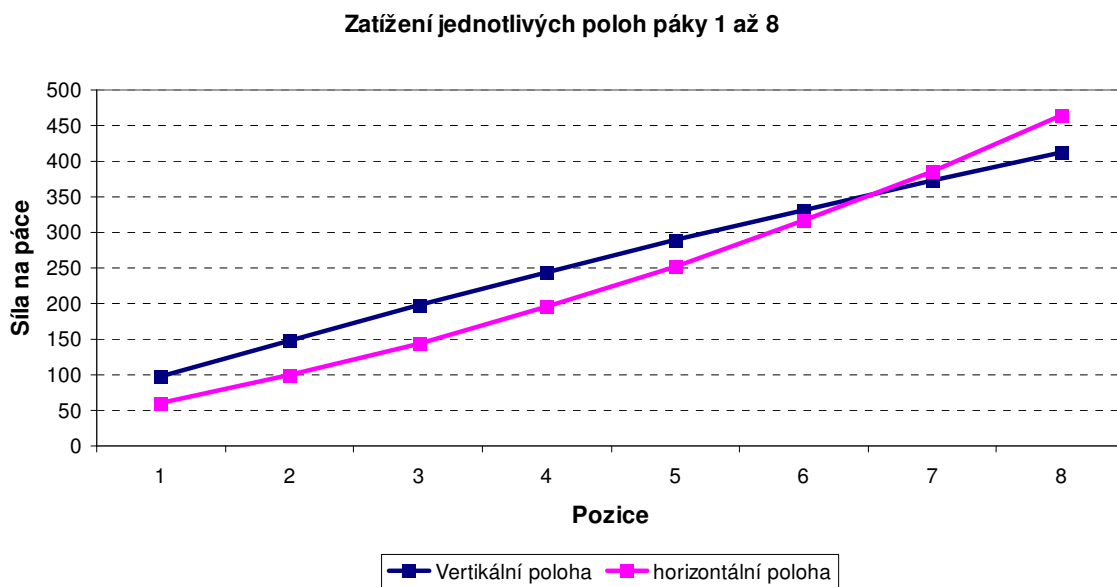
6



Obrázek 2.6 Působení sil pro pozici 6 směrem od kladky k páce

Tabulka 2.4 Působení sil na jednotlivé části pro pozice 1 až 8.

Pozice	Poloha páky	F výpalek [N]	R výpalek [m]	R kladky [m]	F \perp kladky [N]	F kladky [N]	F lana [N]	R hřidel [m]	R páka [m]	F páka [N]
1	Vertikální	1294	0,06	0,037	2098,38	2165	1082,5	0,029	0,32	98,10
	Horizontální	1138	0,06	0,037	1845,41	1917	958,5	0,02	0,32	59,91
2	Vertikální	1300	0,09	0,037	3162,16	3279	1639,5	0,029	0,32	148,58
	Horizontální	1268	0,09	0,037	3084,32	3188	1594	0,02	0,32	99,63
3	Vertikální	1297	0,12	0,037	4206,49	4351	2175,5	0,029	0,32	197,15
	Horizontální	1376	0,12	0,037	4462,70	4625	2312,5	0,02	0,32	144,53
4	Vertikální	1291	0,15	0,037	5233,78	5385	2692,5	0,029	0,32	244,01
	Horizontální	1478	0,15	0,037	5991,89	6246	3123	0,02	0,32	195,19
5	Vertikální	1282	0,18	0,037	6236,76	6379	3189,5	0,029	0,32	289,05
	Horizontální	1578	0,18	0,037	7676,76	8067	4033,5	0,02	0,32	252,09
6	Vertikální	1270	0,21	0,037	7208,11	7328	3664	0,029	0,32	332,05
	Horizontální	1677	0,21	0,037	9518,11	10104	5052	0,02	0,32	315,75
7	Vertikální	1257	0,24	0,037	8153,51	8245	4122,5	0,029	0,32	373,60
	Horizontální	1774	0,24	0,037	11507,03	12364	6182	0,02	0,32	386,38
8	Vertikální	1241	0,27	0,037	9055,95	9116	4558	0,029	0,32	413,07
	Horizontální	1868	0,27	0,037	13631,35	14853	7426,5	0,02	0,32	464,16

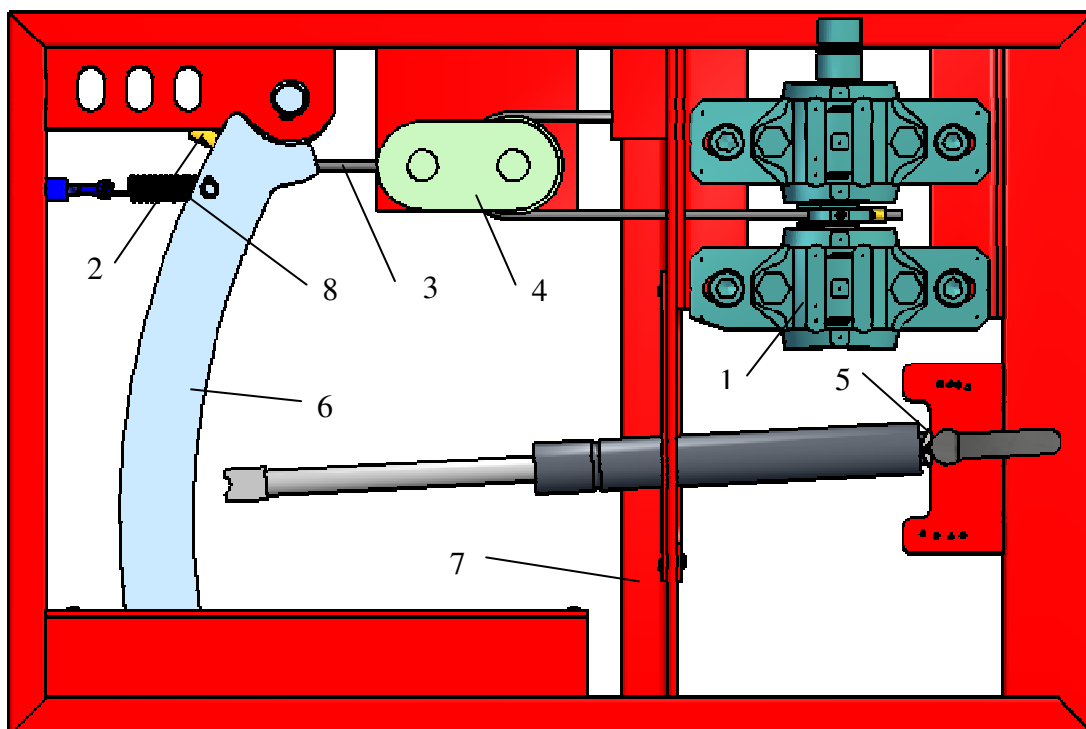


Obrázek 2.7 Graf zatížení jednotlivých poloh (vertikální, horizontální) páky 1 až 8

Z grafu vyplývá, že mezi pozicí 1 až 5 je počáteční síla (páka v poloze vertikální) vždy větší než síla konečná (páka v poloze horizontální). Znamená to, že zařízení klade v počátku působení na hráče největší odpor a postupně se zmenšuje. Na posledních třech pozicích 6, 7 a 8 se tyto síly mění. Jejich přesné zatížení je dále více popsáno v kapitole 3.1. Typ spojnicového grafu jsem použila, aby bylo zřetelně vidět, u které pozice dochází ke změně.

3. POPIS KONSTRUKCE

Konstrukce pro zařízení malých rozměru s funkcí působit odpor se postupně vyvíjela od jednoduchých nápadů tlačných a tažných klasických pružin po jejich různé uložení. Základem celého mechanismu je plynová pružina, která plní práci odporu současně s řešením jejího umístění. Proto se v této kapitole zabývám jednotlivými skupinami a podskupinami celé sestavy konstrukce dle obrázku 3.1

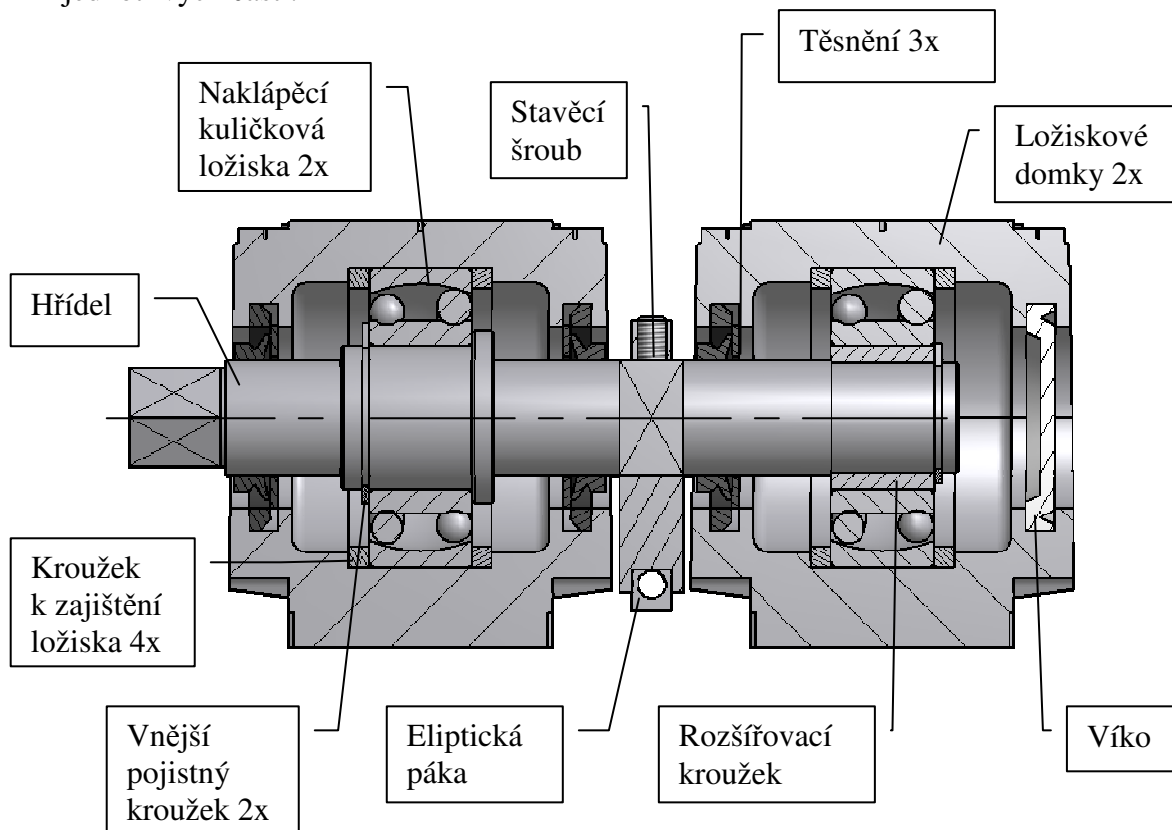


Obrázek 3.1 Sestava konstrukce

- 1 – Sestava hřídele
- 2 – Svorka
- 3 – Lano
- 4 – Sestava kladky a upevnění lana
- 5 – Sestava polohování plynové pružiny
- 6 – Sestava polohovací páky
- 7 - Rám
- 8 – Pružina

3.1 Sestava hřídele

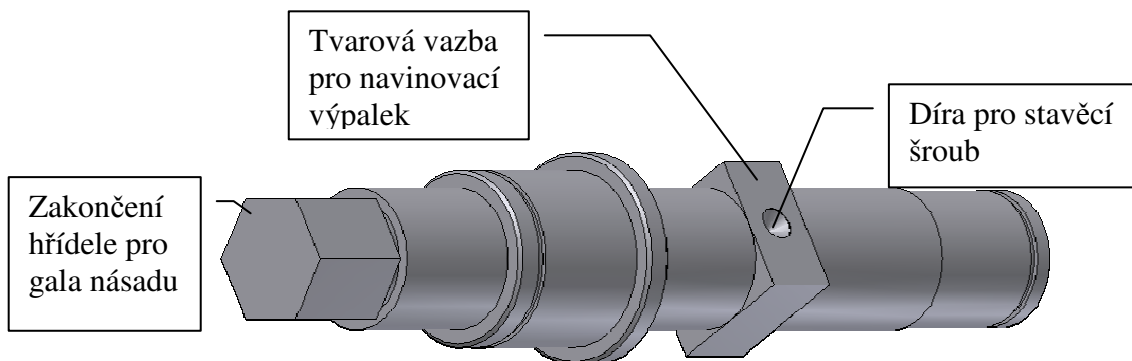
Kapitola se zabývá uložením hřídele do ložiskových domků a popisem jednotlivých částí.



Obrázek 3.2 Uložení sestavy hřídele

Hřídel

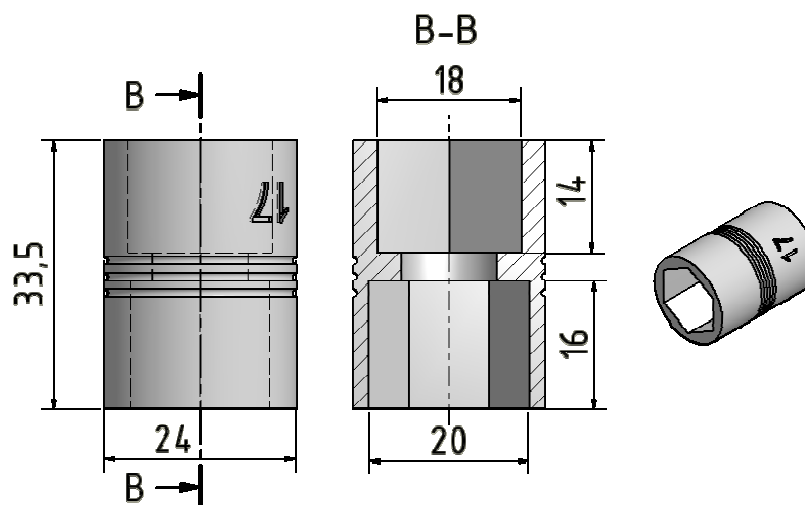
Hřídel je navržena z oceli 11 600. Délka je 145,2mm a maximální průměr 30mm. Konec hřídele je upraven tak, aby bylo možné na něj připevnit gola násadu velikosti 17. Ta se skládá na jedné straně ze čtyřhranu a na druhém konci ze šestihranu. Zatížení a síly působící na hřídel jsou dále popsány v kapitole 4.3.



Obrázek 3.3 Hřídel

Gola násada

Slouží k přenosu kroutícího momentu z páky, jejíž konec je vybaven čtyřhranem na hřídel.



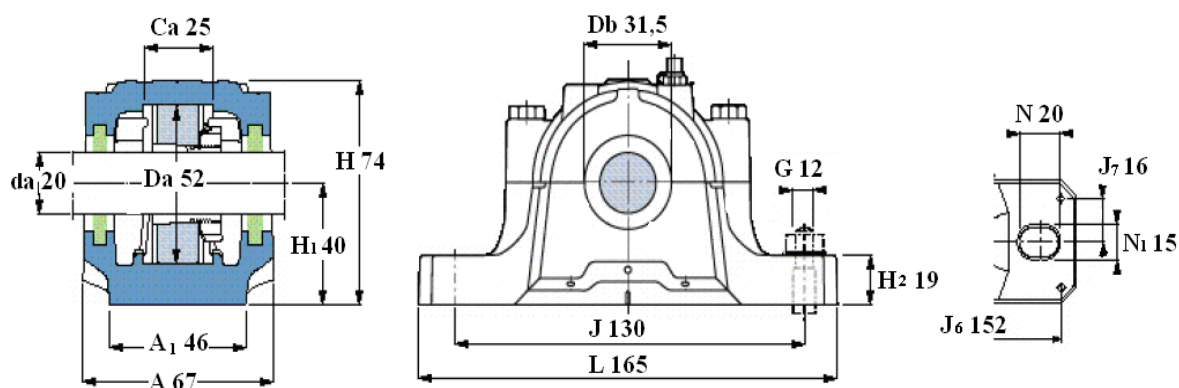
Obrázek 3.4 Gola násady na hřídel

Ložiskové domky

Konstrukční vlastnosti

Stojatá ložisková tělesa SNL se vyrábějí ze šedé litiny a jsou nejrozšířenější tělesa v široké nabídce těles SKF. Dolní část ložiskového tělesa je vyztužena žebry. Dolní a horní části tělesa jsou ve výrobě párovány a nejsou zaměnitelné. Na čelních plochách spodní části tělesa se nacházejí značky, montážní pomůcky, které označují osu díry tělesa a svislou osu a tím zjednodušují montáž a přesné vyrovnaní. [3]

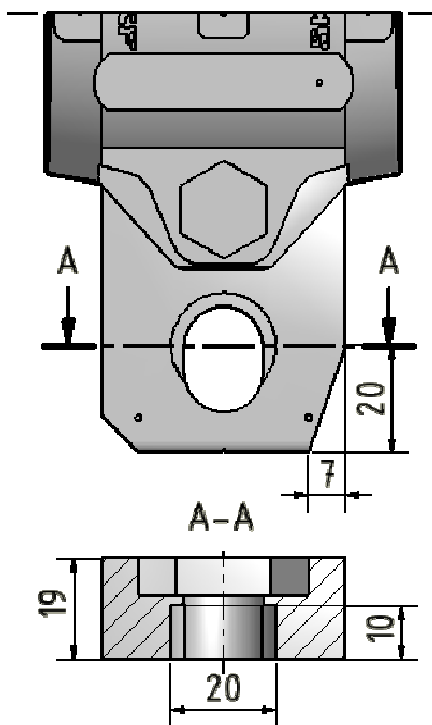
Hlavní rozměry



Obrázek 3.5 Rozměry ložiskové domku SNL 505 [4]

Konstrukční úpravy

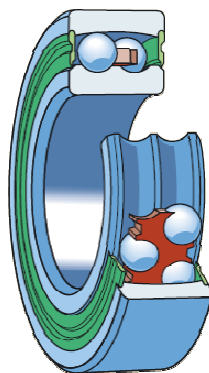
Na ložiskovém domku jsem provedla dvě úpravy. Jednak změnu všech děr pro uchycení k rámu a dále úkos, aby plynová pružina nenarážela do hrany domku. Díra je uzpůsobená pro šroub s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem z důvodu, aby hlava šroubu nepřesahovala výšku rámu.



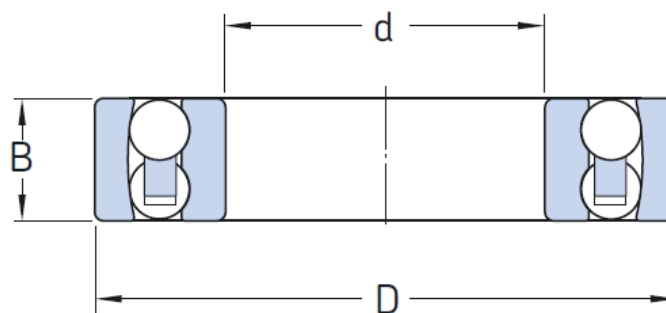
Obrázek 3.6 Úprava ložiskového domku SNL505

Naklápěcí kuličková ložiska

Má dvě řady kuliček se společnou kulovou oběžnou dráhou vnějšího kroužku. Konstrukce tedy umožňuje naklápění ložiska a vyrovnává nesouososti hřídele vzhledem k tělesu. Ložisko je vhodné především pro uložení, v nichž může dojít k průhybu hřídele nebo nesouososti.



Obrázek 3.7 Naklápěcí kuličkové ložisko [5]



Obrázek 3.8 Ložisko SKF 2205 E [5]

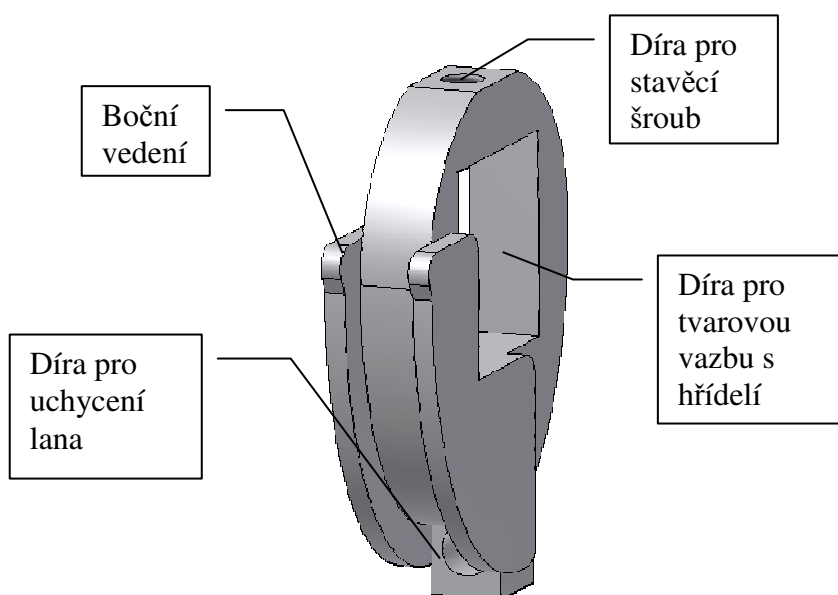
Tabulka 3.1 Technické údaje naklápaččího kuličkového ložiska SKF 2205 E

Hlavní rozměry			Únosnost		Mezní únavové zatížení	Přípustné otáčky		Hmotnost ložisko s válcovou dírou
d	D	B	Dynamická C	Statická Co	Pu	Referenční otáčky	Mezní otáčky	m
[mm]	[mm]	[mm]	[kN]	[kN]	[kN]	[min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[kg]
25	52	18	16,8	4,4	0,23	26000	18000	0,16

Eliptická páka

Je tvořená z plechu tloušťky 7mm a po stranách bodově přivařená 2mm plechy pro vedení lana. Přenos kroutícího momentu z hřídele na eliptickou páku je zajištěn tvarovou vazbou čtyřhranu. Proti posunutí po hřídeli v axiálním směru je tato páka zajištěna stavěcím šroubem.

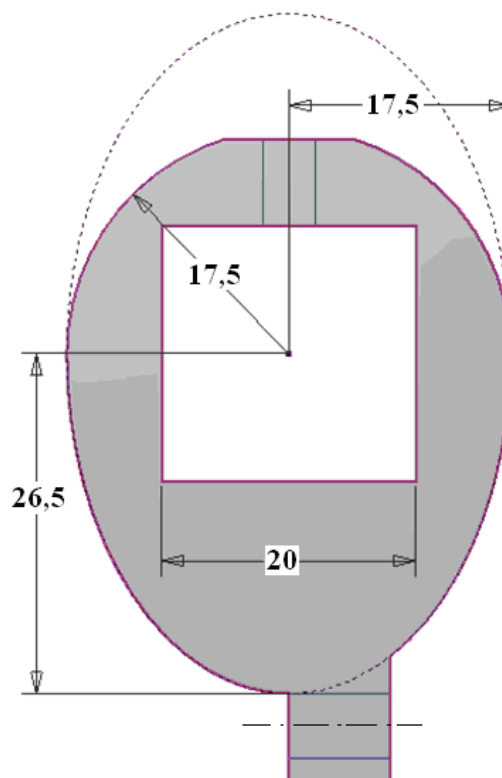
Části výpalku



Obrázek 3.8 Eliptická páka

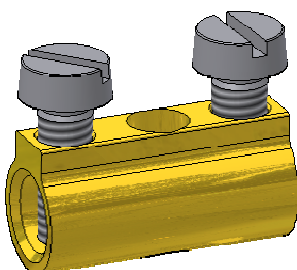
Tvar eliptické páky

Lano se navíjí po elipse s rozměry uvedenými dle obrázku 3.9. Osa lana vychází z 29 mm ke středu otáčení a po stlačení páky končí na 20mm. Délka dráhy, po které se lano navíjí je 38,8mm.



Obrázek 3.9 Tvar eliptické páky

Lano průměru 5mm jde skrz díru pod elipsou a je uchyceno svorkou. Svorka je odebraná ze součástky elektrické svorky a využita u několika mechanismu stroje pro pevné zajištění lana proti uvolnění.

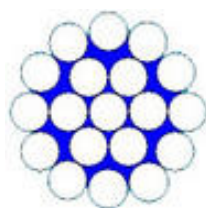


Obrázek 3.10 Svorka

Ocelová lana

Pro bakalářský projekt jsem použila jednopramenné ocelové lano s 19 drátů

(1 + 6 + 12=19)



Obrázek 3.11 Řez lana [6]

Tabulka 3.2 Technické údaje lana

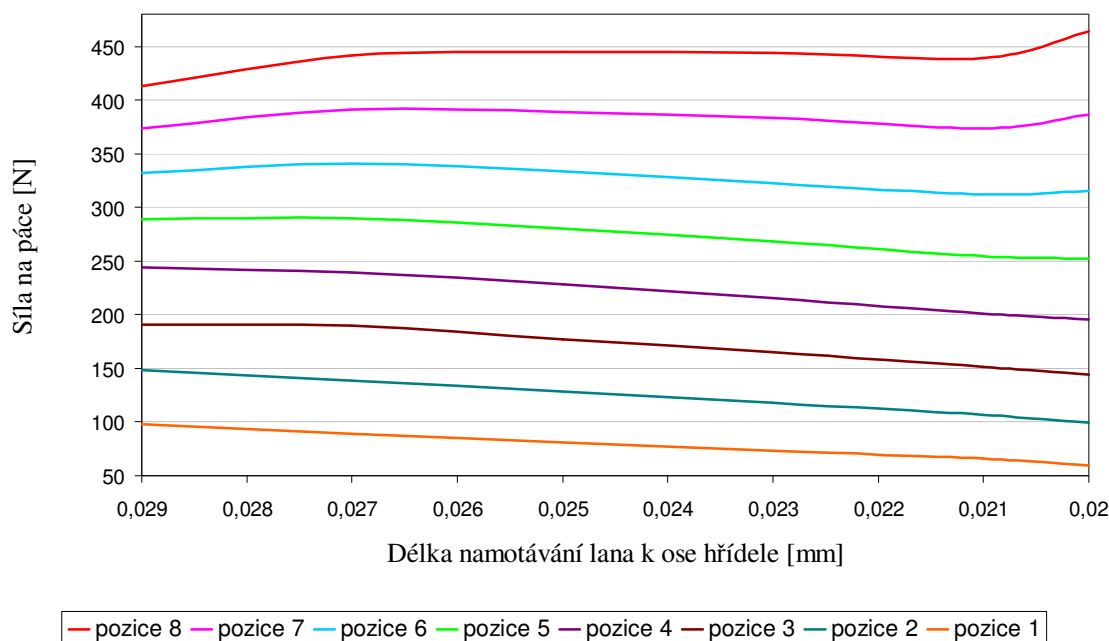
Průměr lana [mm]	Hmotnost [kg/m]	Jmenovitá únosnost lana v kN při jmenovité pevnosti drátu 1770 MPa
5,00	0,119	26,290

Průběh

Jak bylo již dříve popisováno, při sklápění páky se zatížení zmenšuje, viz obrázek 2.7 tak obrázek 3.12 popisuje přesný průběh jednotlivých pozic 1 až 8. Síla se mění v závislosti na natočení plynové pružiny vzhledem k polohovací páce a natočení eliptické páky. Nejmenší síla 59,91N se nachází při pozici č.1 v poloze horizontální, při tzv. sklopené páce. V této stejné poloze na pozici č.8 dosahuje síla největších hodnot 464,16 N

Tabulka 3.3 Hodnoty zatížení při sklápění páky z polohy vertikální do horizontální

Délka namotávání lana k ose hřídele	Pozice							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Průběžná síla na páce							
0,029	98,10	148,58	190,58	244,01	289,05	332,05	373,60	413,07
0,027	89,40	138,75	189,59	239,03	289,49	340,54	391,60	441,28
0,025	81,41	128,36	177,34	227,89	280,16	334,02	389,10	444,61
0,023	73,53	117,80	164,95	215,23	268,56	322,68	383,31	444,08
0,021	65,63	106,71	151,73	200,91	254,40	312,01	373,87	439,29
0,02	59,91	99,63	144,53	195,19	252,09	315,75	386,38	464,16

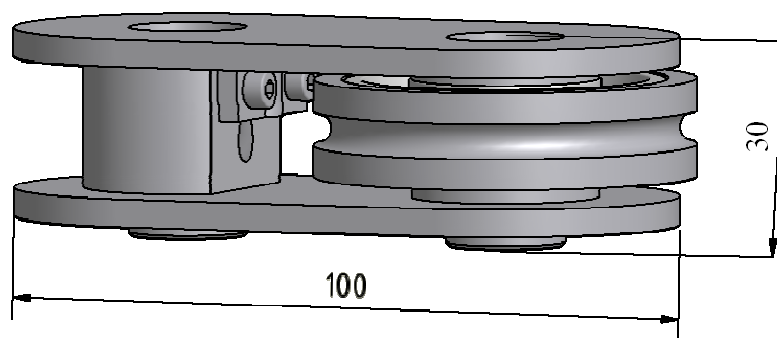


Obrázek 3.12 Graf průběhu zatížení z polohy páky vertikální do horizontální

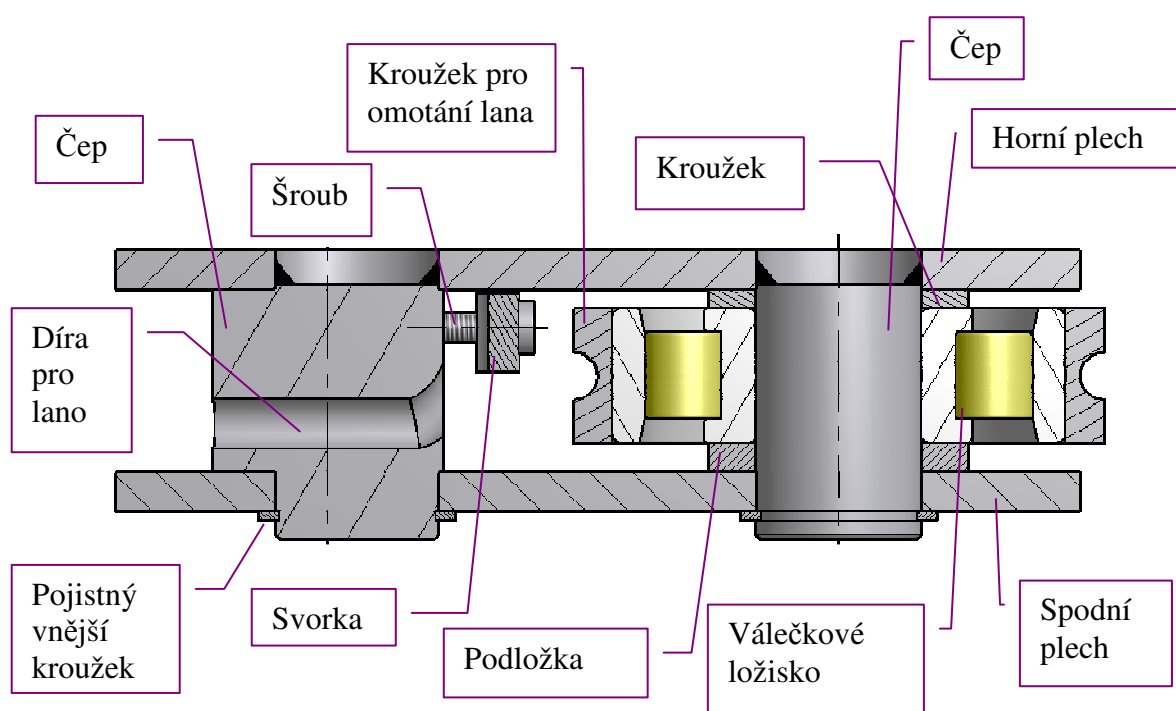
3.2 Sestava kladky a upevnění lana

Kladka je zavedená do systému z důvodu zmenšení dráhy při navíjení lana na hřídel. Při aplikaci a jejím omotání lanem se dráha posunutí kladky zmenší o polovinu, což je ve výhodě pro následující natáčení polohovací páky. Nevýhodou je dvojnásobný nárůst síly v laně, která se přenáší do dalších prvků. Sestava kladky bude neustále v naplém stavu, ale pro jistotu jsem pod ní přivařila plech k rámu. Pokud by kladka klesla, konce čepu dosednou na pevnou plochu.

Sestavu kladky tvoří dva čepy spojené horním a spodním plechem k čepu shora přivařeném. Spodní část je zajištěná pojistným vnějším kroužkem. Na čepu postaveném blíže hřídele je nasunuto válečkové ložisko typu N, které je navrženo podle maximální síly $F_{kladka}=14\,853\text{N}$. Na ložisku je nalisován kroužek, který slouží pro omotání lana a to k pevnému zajištění k rámu. Druhý čep plní funkci spoje se sestavou polohovací páky pomocí lana. Lano je k čepu připevněno vyrobenou svorkou zápomoci dvou šroubů a jde dírou skrz čep. Ten je pro tento účel speciálně zahloben, aby se lano neohýbalo o ostrou hranu.



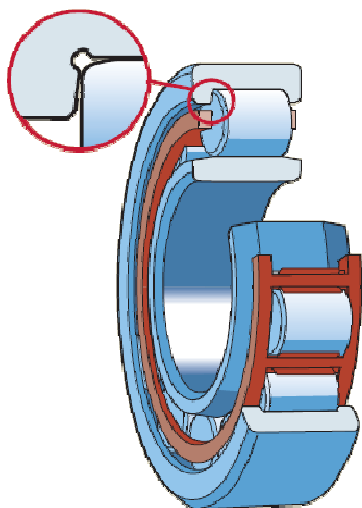
Obrázek 3.12 Sestava kladky



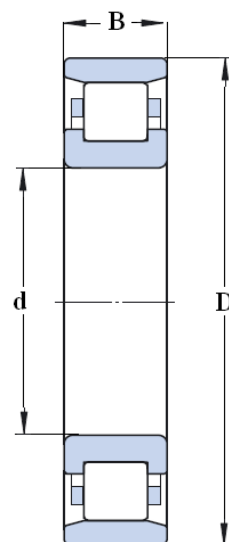
Obrázek 3.13 Řez sestavy kladky

Válečková ložiska

Válečky jednořadého válečkového ložiska obrázek 3.14 jsou vždy vedeny “otevřenými” přírubami, které jsou součástí jednoho z kroužků. Tyto “otevřené” příruby spolu s čely válečků, které se vyznačují zvláštní konstrukcí a kvalitou povrchu, přispívají ke zlepšenému mazání a nižšímu tření. Kroužek s vodícími přírubami spolu s klecí a válečky lze oddělit od druhého kroužku. Tím je usnadněná montáž a demontáž. Vnitřní kroužek ložiska u provedení N má dvě vodící příruby, zatímco vnější kroužek je bez vodících přírub. Axiální posuv hřídele vzhledem k tělesu je přípustný v obou směrech. [7]



Obrázek 3.14 Válečkové ložisko [8]



Obrázek 3.15 Ložisko N303 ECP [8]

Tabulka 3.4 Technické informace válečkového ložiska N303 ECP

Hlavní rozměry			Únosnost		Mezní únavové zatížení	Přípustné otáčky		Hmotnost ložiska se standartní klecí
d	D	B	Dynamická C	Statická Co	Pu	Referenční otáčky	Mezní otáčky	m
[mm]	[mm]	[mm]	[kN]	[kN]	[kN]	[min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[kg]
17	47	14	24,6	20,4	2,55	15 000	20000	0,12

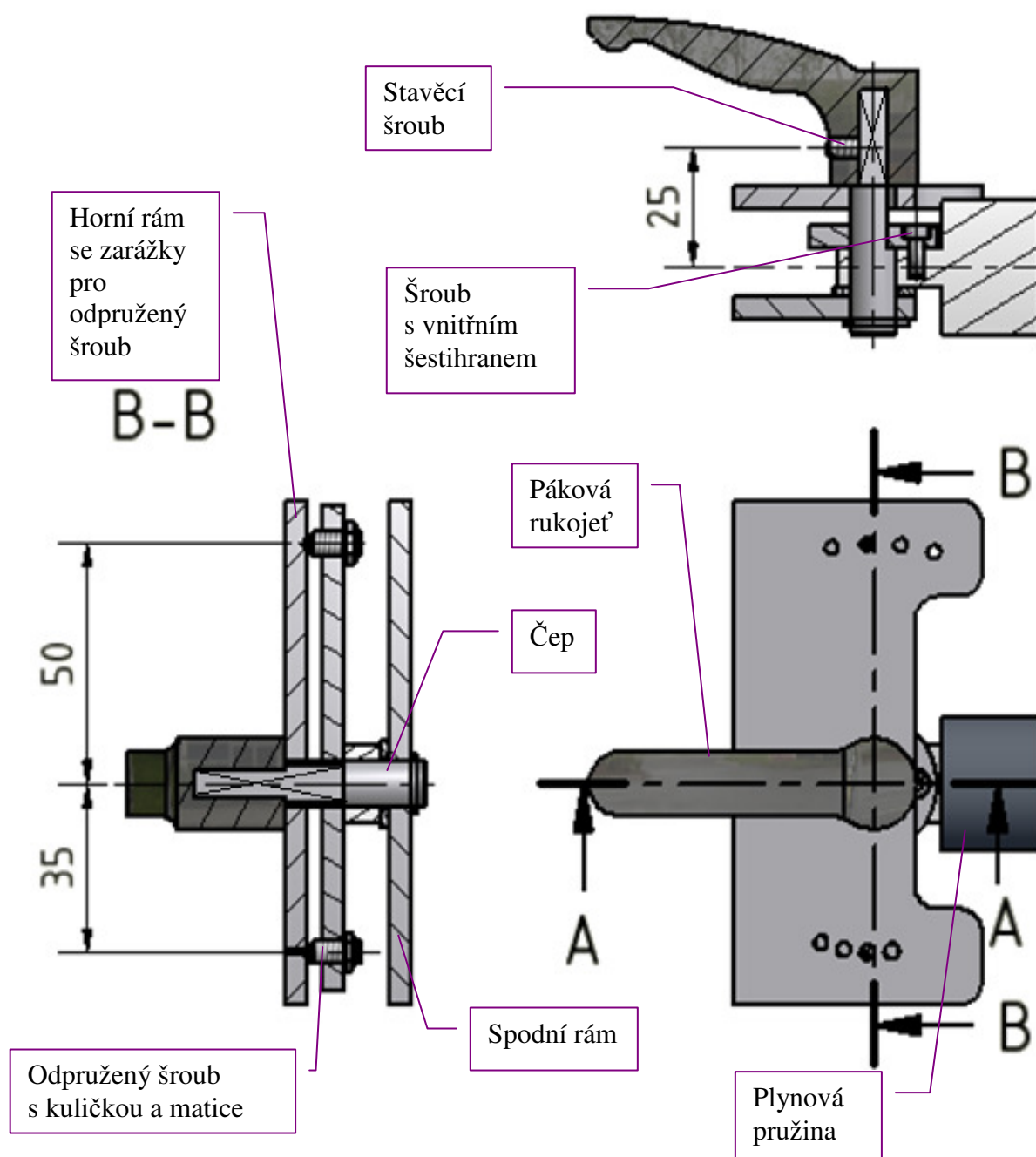
Doplňující označení ložiska

- **EC**.... optimalizovaná vnitřní konstrukce, vyznačuje se větším počtem válečků, které mohou mít větší rozměry, a modifikovaným stykem mezi čely válečků a přírubami.
- **P**... Vstříkovaná klec z polyamidu 6,6, zesílená skelnými vlákny vedená valivými tělesy

3.3 Sestava polohování plynové pružiny

Zajišťuje nastavování pístu do jedné z polohy pomocí odpruženého šroubu s kuličkou. Skupina je uložena v rámu, horním a spodním plechu, kde horní je upraven kruhovými otvory. Ty jsou rozmístěny tak, aby se navzájem neovlivňovaly, tudíž na každé straně jsou čtyři díry po obvodu 35mm a 50mm. Kulička při natáčení pákovou rukojetí v daném okamžiku zaskočí do díry a plynová pružina se současně nachází v záseku na polohovací páce. Tímto je možno se nastavit do úrovně obtížnosti, která je vhodná pro jednotlivce. Odpružený šroub je opatřen maticí pro zajištění proti uvolnění.

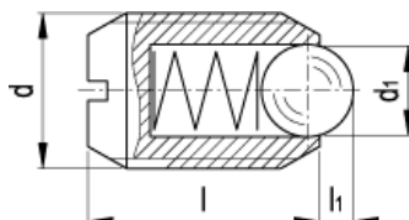
Čep je s pákovou rukojetí spojen tvarovou vazbou čtyřhranu a zajištěn stavěcím šroubem. Při manipulaci s pákovou rukojetí je nutné, aby se současně otáčel plech vybaven odpruženými šrouby s kuličkou a plynovou pružnou, proto jsou tyto dvě části spolu spojeny šroubem s vnitřním šestihranem.



Obrázek 3.16 Sestava polohování plynové pružiny

Odpružený šroub s kuličkou

Závitové pouzdro šroubu je z brunýrované oceli a drážkou pro šroubovák. Pro můj případ jsem vybrala provedení K, kde je kulička z kalené oceli a ocelová pružina je s normálním tlakem pružiny. Okolní teplota při použití je od -50 do +90°C. [9]



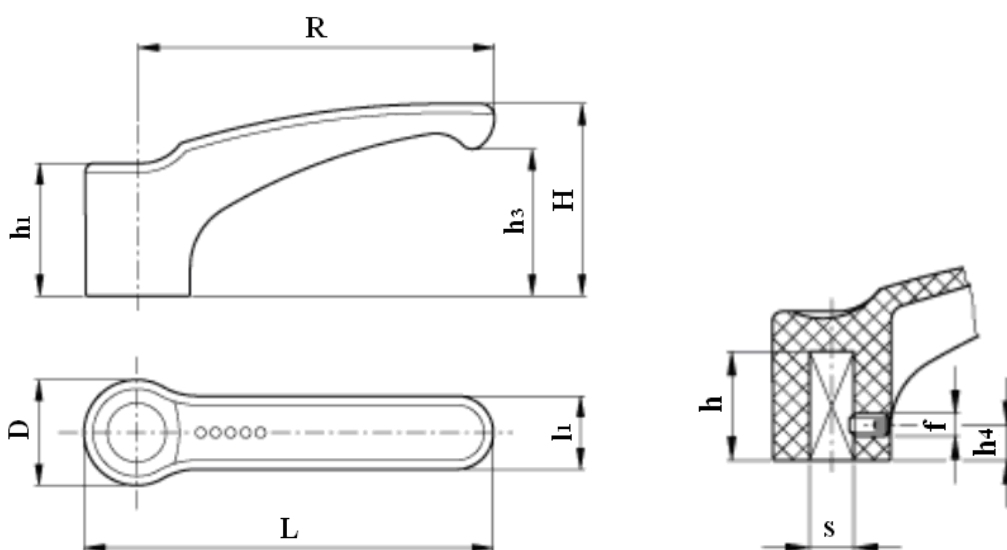
Obrázek 3.17 Technické údaje odpruženého šroubu s kuličkou [9]

Tabulka 3.5 Technické údaje odpruženého šroubu s kuličkou

Provedení	Hlavní rozměry				Tlak pružiny		Hmotnost
Označení	D_{6g}	d_1	$l_{\pm 0,1}$	l_1	Počáteční	Koncový	g
GN615-M5-K	M5	3	12	0,9	8	14	1

Páková rukojet upínací

Materiál rukojeti je technopolymer na bázi polyamidu vyztužený skelnými vlákny. Má odolnost proti vlivu rozpouštědel, olejů, mazadel a jiných chemických látek. Mírně zakřivený tvar šedočerné rukojeti s ergonomicky zvětšeným zakončením umožňuje pracovníkovi pohodlnější a bezpečnější uchopení a dává také rukojeti elegantnější vzhled. [10]



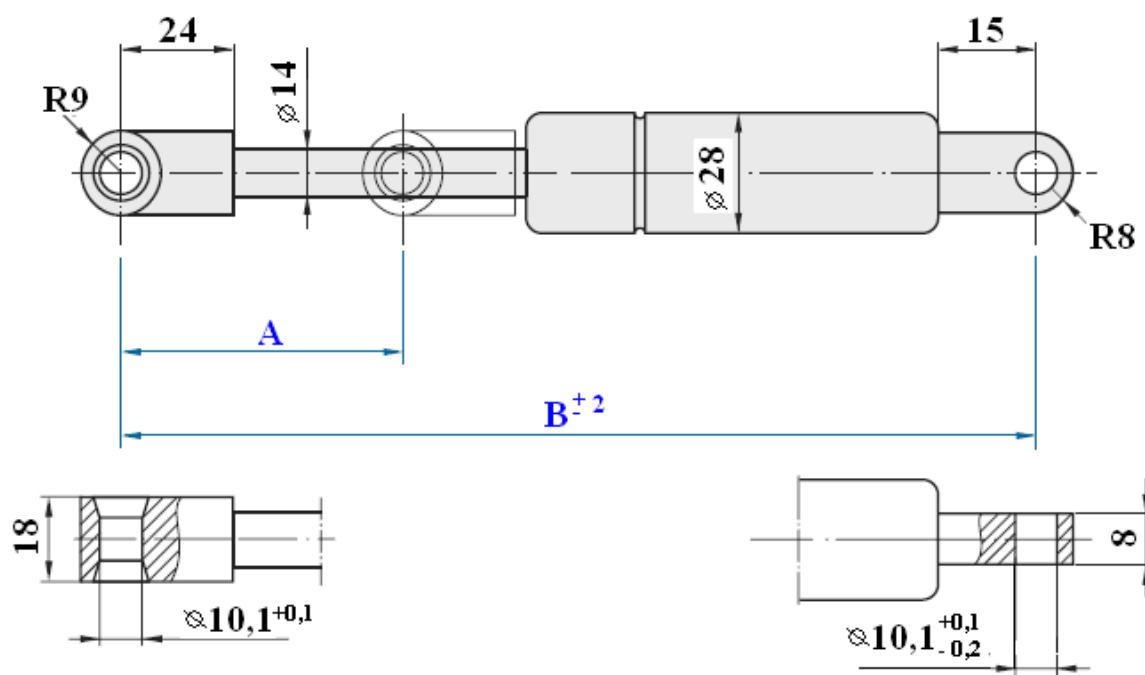
Obrázek 3.18 Technické informace pákové rukojeti [10]

Tabulka 3.6 Technické údaje pákové rukojeti

Provedení	Hlavní rozměry									Montážní otvor		Hmotnost
Označení	R	L	D	H	h1	h3	l1	h4	f	s	h	g
ERF.63N-6x6-C1	63	73,5	19	35	24,5	26,5	13,5	8	M4	6x6	20	11

Plynová pružina

Plynové pružiny jsou bezúdržbové. Jsou navrženy tak, aby bezporuchově pracovaly celou řadu let. Například plynové pružiny pro kancelářské židle jsou navrhovány tak, aby vydržely více jak jeden milion pracovních cyklů. Teplota plynových pružin (jejich dusíkové náplně) ovlivňuje v určitých tolerancích jejich výsuvné vlastnosti. Standardní rozsah pracovních teplot je od -30C až do 80C. [11]



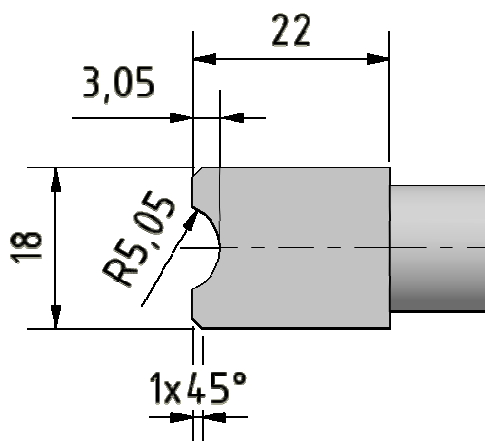
Obrázek 3.19 Technické informace plynové pružiny [12]

Tabulka 3.7 Technické údaje plynové pružiny

Délka zdvihu [mm]	Skutečná délka [mm]
A	B
150	402

Konstrukční úpravy

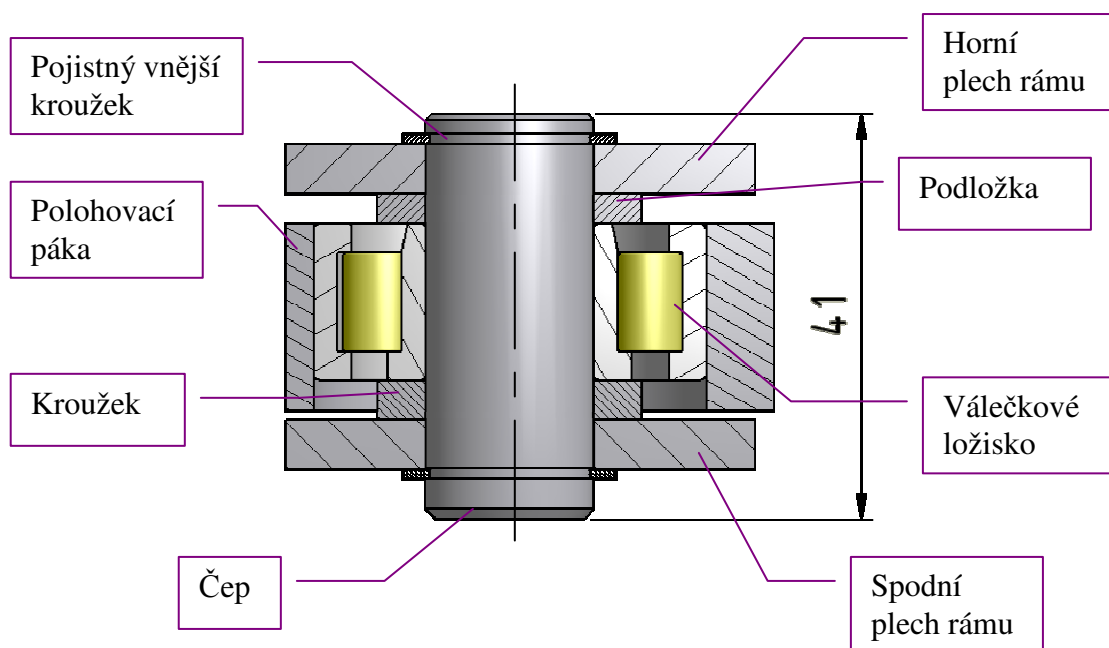
Část plynové pružiny, která přichází do styku s polohovacím výpalkem, je upravená tak, aby dosedací plochy do sebe přesně zapadaly. Hlavní úprava spočívá v rozdělení díry na oblouk a sražení hran. Protože se s plynovou pružinou na výběžku pohybuje a otáčí srazila jsem hrany, aby nedocházelo ke kolizi s polohovací pákou. Dalším zásahem do původního tvaru je vyvrtaná díra v oblasti uložení pákové rukojeti.



Obrázek 3.20 Konstrukční úprava na plynové pružině

3.4 Sestava polohovacího výpalku

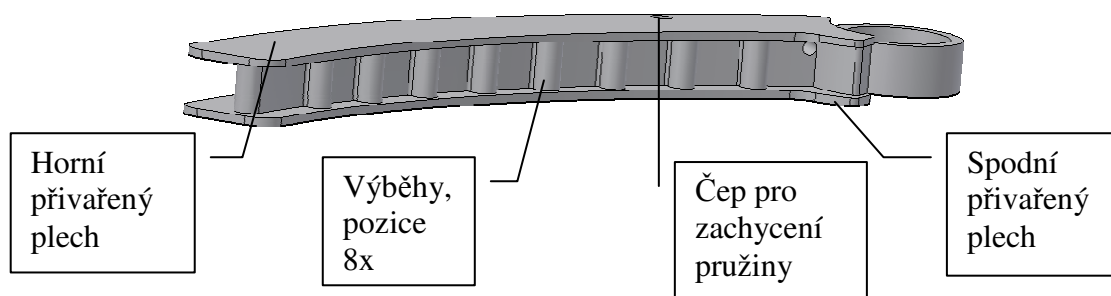
Polohovací páka je nalisována na válečkovém ložisku. Čep je zajištěn pojistnými hřídelovými kroužky proti vypadnutí.



Obrázek 3.21 Řez uložení sestavy polohovací páky

Polohovací páka

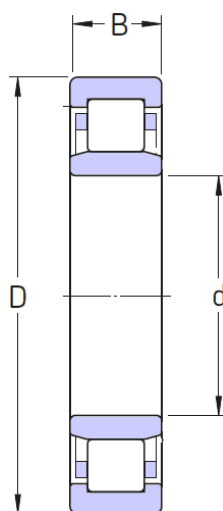
Tvar polohovací páky je obloukový s rádiusem 402mm, po kterém se pohybuje plynová pružina. Proto je vybaven osmi stejně velkými výběhy, které do sebe spolu s koncem plynové pružiny zapadají. Nejmenších sil se dosahuje blíže ložiska a postupně narůstají. Mezi uložením a první polohou výběhu je díra pro lano, které je opět zajištěno svorkou viz obrázek 3.10. Protože tato část celého systému je nejvíce namáhaná, jsou k výpalku z horní a spodní strany přivařeny třímilimetrové plechy pro zpevnění. Rovněž jejich konce se pohybují ve vedení rámu.



Obrázek 3.22 Polohovací páka s vyztužením

Válečkové ložisko

Ložisko vybírám opět válečkové z důvodu většího zatížení dle max. síly $F_{kladka}=14853N$. Válečkové ložisko je vyrobeno jako produkt SKF, které bylo již popsáno v kapitole 3.2. Rozdíl je v provedení typu NJ, kdy vnější kroužek ložiska má dvě vodící příruby, zatímco vnitřní kroužek je opatřen jednou vodící přírubou. Tato ložiska tedy mohou být používána jako axiálně vodící v jednom směru. [7]



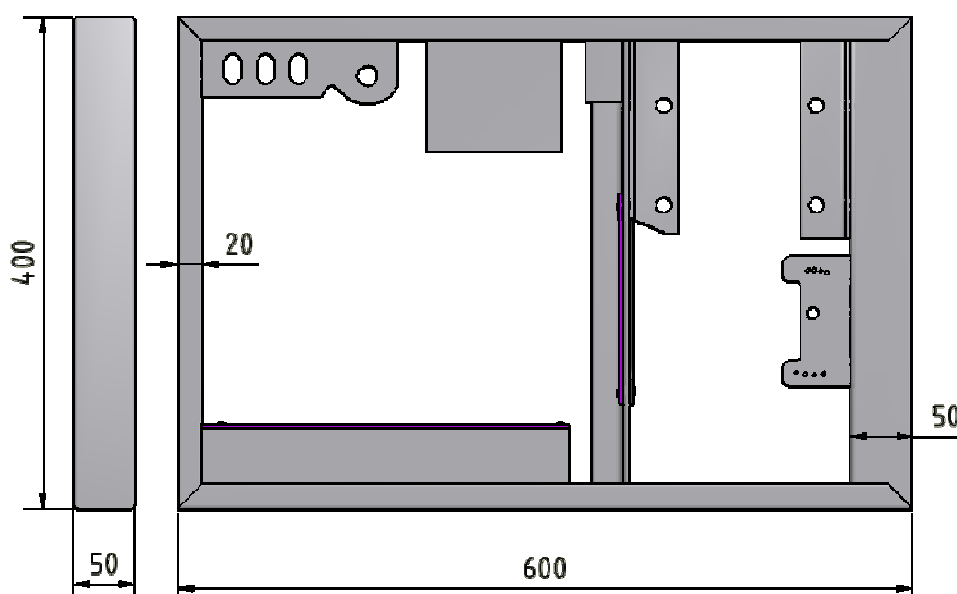
Obrázek 3.23 Válečkové ložisko provedení typu NU [7]

Tabulka 3.8 Technické údaje válečkového ložiska typ NU2203 ECP [7]

Hlavní rozměry			Únosnost		Mezní únavové zatížení	Přípustné otáčky		Hmotnost ložisko se standartní klecí
d	D	B	Dynamická C	Statická Co	Pu	Referenční otáčky	Mezní otáčky	m
[mm]	[mm]	[mm]	[kN]	[kN]	[kN]	[min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[kg]
17	40	16	23,8	21,6	2,65	19 000	22000	0,087

3.5 Konstrukce rámu

Základ rámu tvoří tři trubky ocelové obdélníkové 50x20x2. V místě uložení plynové pružiny kde se přenáší její síly do rámu jsem zvolila širší ocelovou trubku čtvercovou 50x50x2. K rámu jsou přivařené další plechy, které slouží buď jako vedení, nebo k připevnění jednotlivých sestav a k celkovému zpevnění. Ve většině případů jsem použila normované profily.



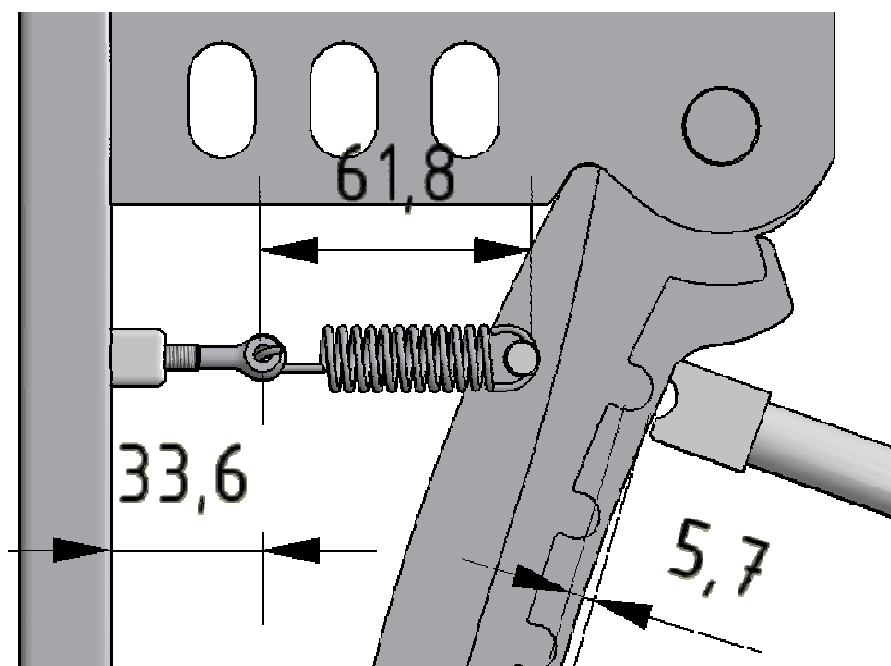
Obrázek 3.24 Konstrukce rámu

3.6 Pružina

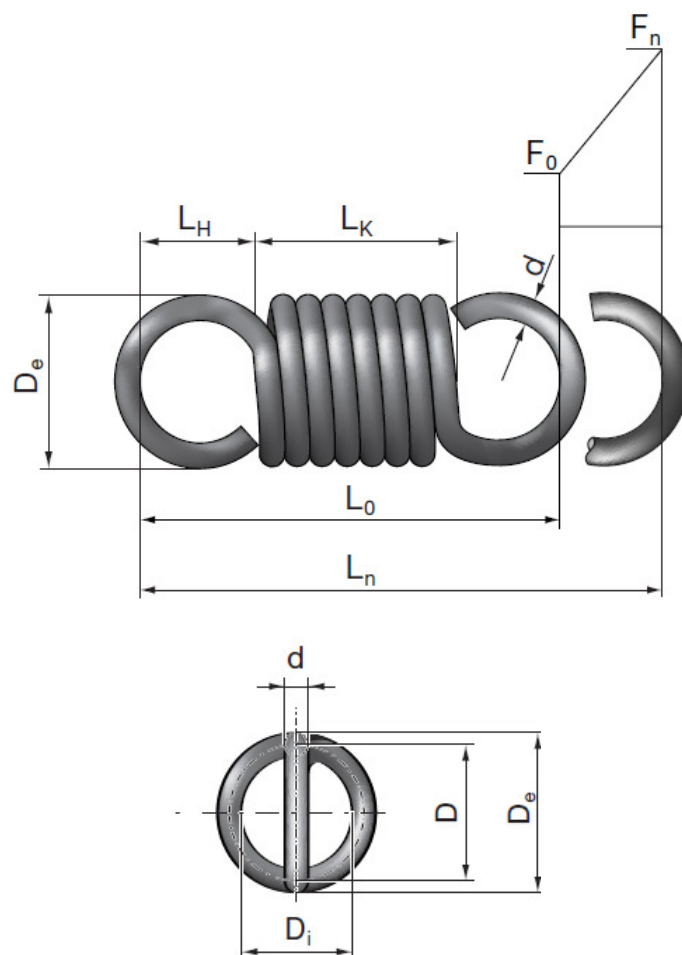
Tažná pružina slouží k přitáhnutí polohovací páky směrem k rámu, aby se při nastavování pozice 1 až 8 mohlo volně pohybovat s plynovou pružinou. Její konce jsou s jedním normálním okem zavěšeným v čepu polohovací páky a půlokem umístěným v šroubu s okem.

Spodní plech pro zpevnění polohovacího výpalku pracuje jako doraz. Má tvar shodný s dolním plechem rámu, a proto po dosednutí těchto ploch se zastaví. Poté je vychýlení plynové pružiny od výběhu 6,5mm. Pružina je vyrobená s předpětím 8,5N na počáteční délce, což však nestačí pro posunutí polohovací páky do dorazu. Proto je natáhnutá o 10,62mm, aby dosahovala síly 25N, která zapříčiní pohnout s ostatními sestavy spojené s lanem.

Pružina při práci s pákou působí přídavný odpor a zvětšuje sílu potřebnou k překonání různých pozic na polohovací páce. S rozměry, kde je pružina umístěná, se při otočení polohovací páky o 30° natáhne o dalších 30mm, kdy její síla dosahuje 71,62N. O přibližně dalších 15mm se může ještě pružinová ocel natáhnout. Tuto délku lze využít pro regulaci síly v pružině pomocí šroubu s okem. Šroub s okem je zašroubován v nenormalizované matici spojené s rámem.



Obrázek 3.25 Upevnění a rozměry pružiny



Obrázek 3.26 Technické informace použité pružiny [13]

d -průměr drátu

D_e -vnější průměr pružiny

D -střední průměr pružiny

D_i -vnitřní průměr pružiny

L_k -délka závitové části pružiny

L_0 -délka pružiny ve stavu volném

L_H -délka závěsného oka

F_n -síla ve stavu plně zatíženém při L_n

R -tuhost pružiny

S_n -pracovní zdvih pružiny

Tabulka 3.9 Technické údaje pružiny [13]

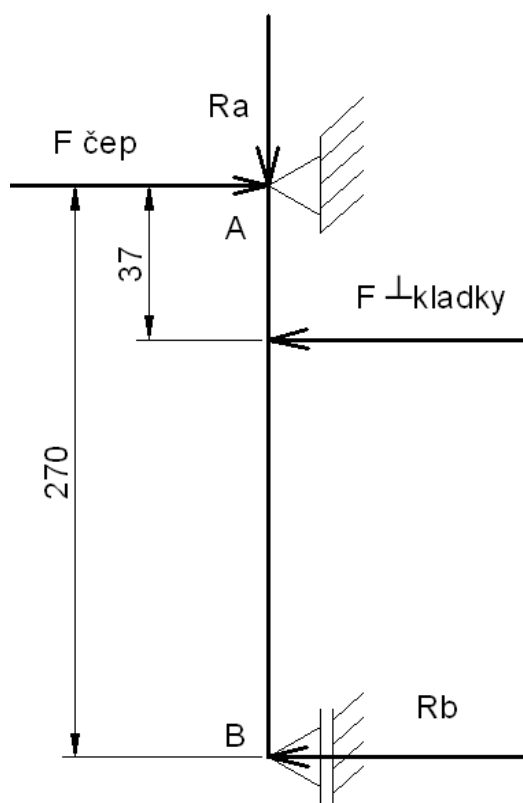
d	D_e	L_0	L_k	L_H	R	L_n	S_n	F_0	F_n	M
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[N/mm]	[mm]	[mm]	[N]	[N]	[g]
1,6	14,4	51,3	34,5	6,4	3,69	106,6	55,4	8,5	94,6	13,97

4. PEVNOSTNÍ KONTROLA NAMÁHANÝCH SOUČÁSTI

4.1 Čep polohovací páky

Síla působící na čep polohovací páky

Abych mohla zkontrolovat zatížení čepu na ohyb a otláčení je třeba znát složku označenou $F_{\text{čep}}$, která působí radiálně na osu čepu. Ta se vypočte z doposud známých nebo získaných složek síl a délek dle vzorce 4.1.



Obrázek 4.1 Rozložení sil na polohovací páce

$$\sum M_i B = 0$$

$$F_{\perp \text{kladky}} \cdot (270 - 37) - F_{\text{čep}} \cdot 270 = 0$$

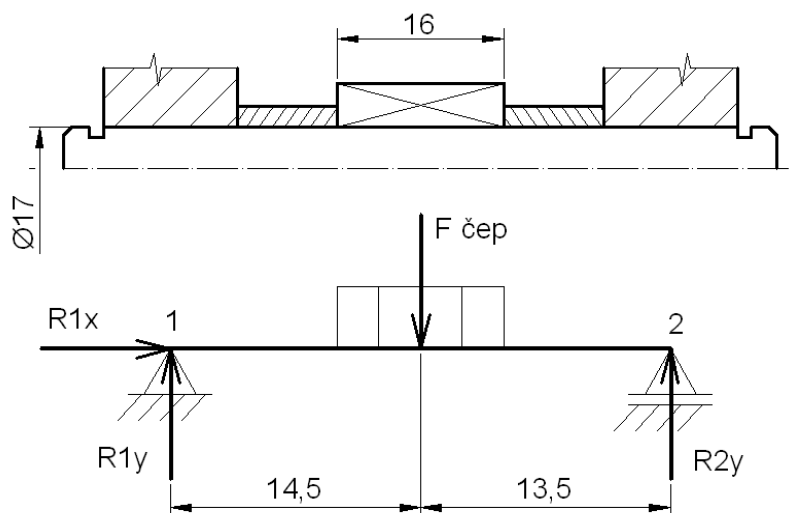
$$F_{\text{čep}} = \frac{F_{\perp \text{kladky}} \cdot 233}{270}$$

$$F_{\text{čep}} = \frac{13631,35 \cdot 233}{270}$$

$$F_{\text{čep}} = 11763,3N$$

(4.1)

Kontrola čepu na ohyb



Obrázek 4.2 Působení sil na čep výpalku

$$\sum F_{iy} = 0$$

$$R1y - F_{\text{čep}} + R2y = 0 \Rightarrow R2y = F_{\text{čep}} - R1y = 11763,3 - 5671,6 = 6091,7N \quad (4.2)$$

$$\sum M_{i2} = 0$$

$$R1y \cdot (14,5 + 13,5) - F_{\text{čep}} \cdot 13,5 = 0$$

$$R1y = \frac{F_{\text{čep}} \cdot 13,5}{28} \quad (4.3)$$

$$R1y = \frac{11763,3 \cdot 13,5}{28}$$

$$R1y = 5671,6N$$

$$M_{o_{\text{max čp}}} = R1y \cdot 14,5 = 5671,6 \cdot 14,5 = 82238,2N \quad (4.4)$$

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 17^3}{32} = 482,3mm^3 \quad (4.5)$$

$$\sigma_{o_{\text{čp}}} = \frac{M_{o_{\text{max čp}}}}{W_o} = \frac{82238,2,5}{482,3} = 170,5Mpa \quad (4.6)$$

$$\sigma_{Do} = \frac{Re}{k_s} = \frac{450}{2} = 225Mpa \quad (4.7)$$

k_s - koeficient statické bezpečnosti čepu; dle [14] volím $k_{sč} = 2$ [1]

$$\sigma_{očp} \leq \sigma_{Do} \quad (4.8)$$

$$170,5 \leq 225 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Vzhledem k zvolenému druhu materiálu čep vyhovuje podmínkám zatížení.

Tabulka 4.1 Mechanické vlastností materiálu čepu [15]

materiál	R_{emin} [MPa]	R_m [MPa]	Tvrđost HB
11 600	450	412÷745	286

Kontrola čepu na otláčení

$$P = \frac{F}{S} = \frac{F_{čep}}{b_{čp} \cdot d_{čp}} = \frac{11763,3}{16 \cdot 17} = 43,24 \text{ Mpa} \quad (4.9)$$

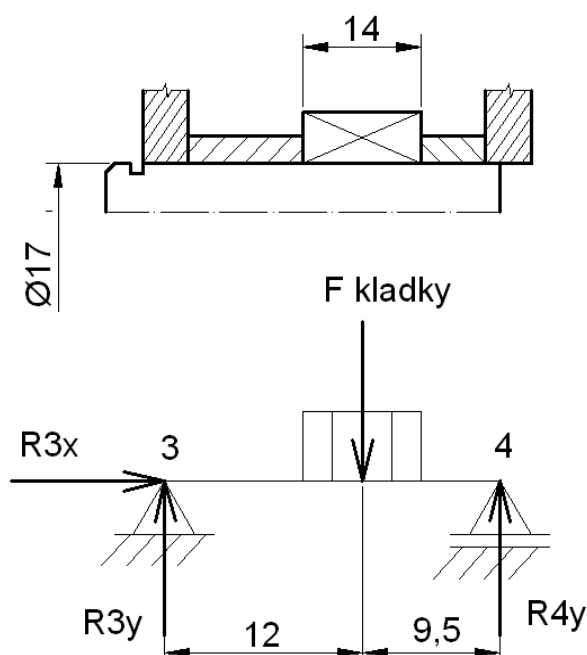
$$P \leq P_D \quad (4.10)$$

$$43,24 \leq 120 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Tlak 43,24 Mpa působící na ploše čepu vyhovuje podmínkám pro dovolený tlak.

P_D - dovolený tlak ; dle [14] volím $p_D = 120$ [MPa]

4.2 Čep kladky



Obrázek 4.3 Působení síl na čep kladky

Kladka je sestavena ze dvou čepů viz obr 3.13. Pro výpočet jsem si vybrala čep s menším průměrem. Pro jeho kontrolu beru největší sílu $F_{kladky} = 14853N$.

Kontrola čepu na ohyb

$$\sum F_{iy} = 0$$

$$R3y - F_{kladky} + R4y = 0 \Rightarrow R3y = F_{kladky} - R4y = 14853 - 8290 = 6563N \quad (4.11)$$

$$\sum M_{i3} = 0$$

$$R4y \cdot (12 + 9,5) - F_{kladky} \cdot 12 = 0$$

$$R4y = \frac{F_{kladky} \cdot 12}{21,5} \quad (4.12)$$

$$R4y = \frac{14853 \cdot 12}{21,5}$$

$$R4y = 8290N$$

$$M_{o_{max\check{c}k}} = R4y \cdot 9,5 = 8290 \cdot 9,5 = 78755N \quad (4.13)$$

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 17^3}{32} = 482,3mm^3 \quad (4.14)$$

$$\sigma_{o\check{c}k} = \frac{M_{o_{max\check{c}k}}}{W_o} = \frac{78755}{482,3} = 163,3Mpa \quad (4.15)$$

$$\sigma_{Do} = \frac{Re}{k_s} = \frac{450}{2} = 225Mpa \quad (4.16)$$

$$\sigma_{o\check{c}k} \leq \sigma_{Do}$$

$$163,3 \leq 225 \quad (4.17)$$

Pro zvolený koeficient bezpečnosti $k_s=2$ je součást čepu vyhovující z hlediska kontroly na ohyb.

Kontrola čepu na otláčení

$$P = \frac{F}{S} = \frac{F_{kladky}}{b_{\check{c}k} \cdot d_{\check{c}k}} = \frac{14853}{14 \cdot 17} = 62,4 \text{ Mpa} \quad (4.18)$$

$$P \leq P_D \quad (4.19)$$

$$62,4 \leq 120$$

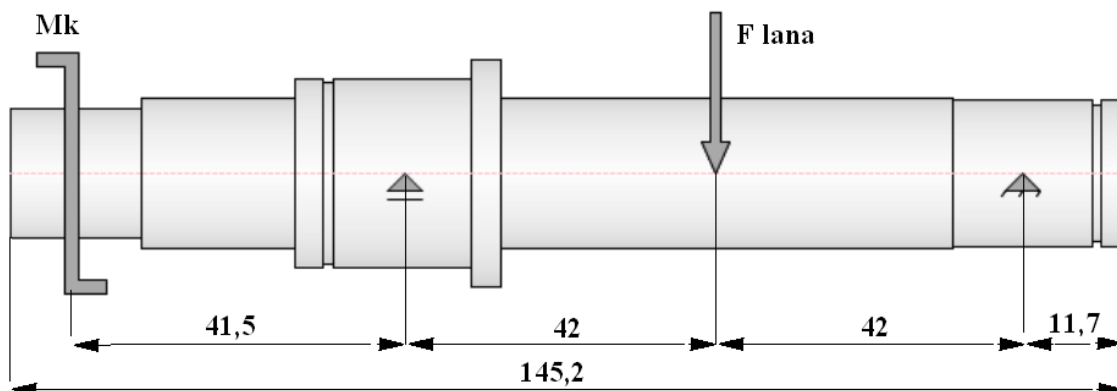
Vypočtený tlak čepu kladky je menší než dovolené napětí navrženého materiálu a proto součást vyhovuje.

4.3 Zatížení hřídele

Hřídel je namáhána kroutícím momentem od páky a silou od lana, které se navíjí na eliptickou páku uloženou na hřídeli. Výpočet zatížení je vyřešeno pomocí počítačového programu Autodesk Inventor, kde lze namodelovat tvar hřídele a poté jej zatížit silami. Pro výpočet jsem hřídel zjednodušila o čtvercové tvary a nahradila je válcovými plochy.

Základní údaje

- Materiál - Ocel
- Modul pružnosti v tahu - $E = 206000 \text{ MPa}$
- Modul pružnosti v tlaku - $G = 80000 \text{ MPa}$
- Hustota - $\rho = 7860 \text{ kg/m}^3$
- Režim redukovaného napětí – HMH
- $F_{\text{lana}} = 7426,5 \text{ N}$ viz.tabulka 2.4
- $M_k = F_{\text{páka}} \cdot R_{\text{páka}} = 464 \cdot 0320 = 148 \text{ N.m}$



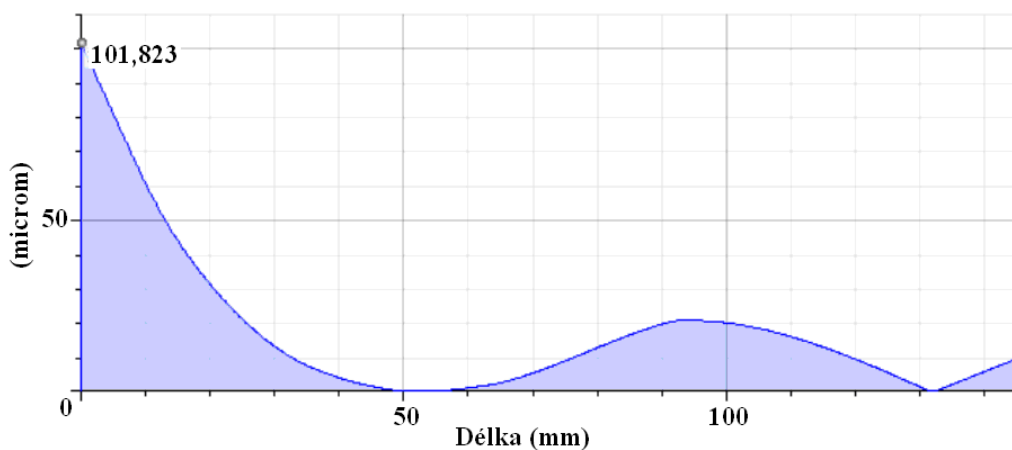
Obrázek 4.4 Zatížení hřídele

Tabulka 4.2 Výsledky zatížení na hřídeli

Délka	L	145,2 mm
Hmotnost	m	0,386 kg
Max.napětí v ohybu	σ_B	307,946 Mpa
Max.smykové napětí	τ_s	17,615 Mpa
Max.napětí v krutu	τ_s	0 MPa
Max.napětí v tahu	σ_T	0 MPa
Max.redukované napětí	σ_{red}	307,946 Mpa
Max.průhyb	f_{max}	101,82 microm
Úhel zkroucení	φ	0 Mpa

Průhyb

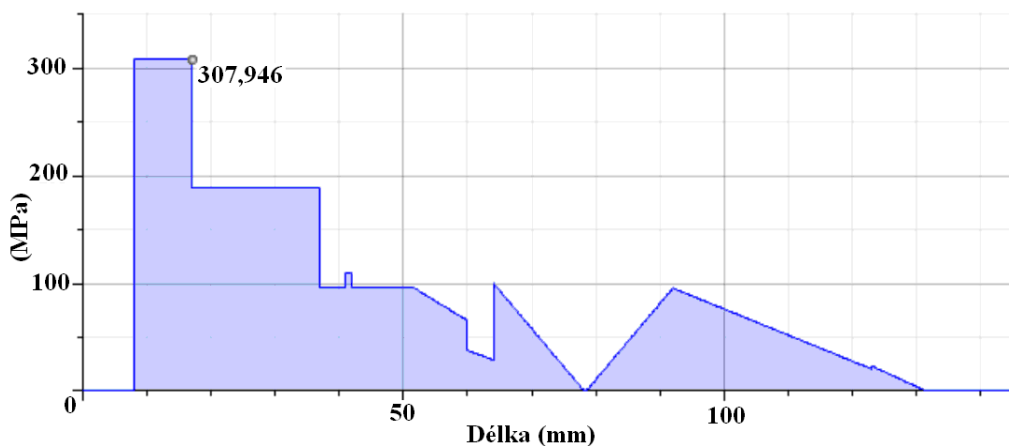
Při maximálním zatížení na páce o síle 464 N viz.tabulka 2.4, se konec hřídele kde je páka k hřídeli připevněná prohne přibližně o 1mm.



Obrázek 4.5 Graf průhybu hřídele

Napětí v ohybu

Napětí hřídele v ohybu dosahuje největších hodnot opět v místě zatížení kroucího momentu.

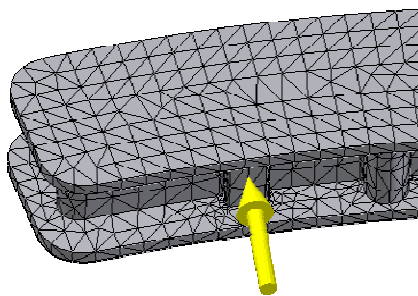


Obrázek 4.6 Graf průběhu napětí v ohybu hřídele

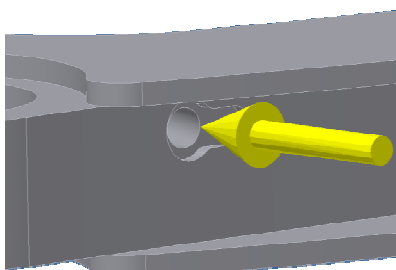
4.4 Zatížení polohovací páky

Jednou z nejzatíženějších součástí sestavy je polohovací páka, kterou jsem podrobila výpočtu pomocí metody konečných prvků v programu Autodesk professional 2010. Podstatou je rozložení tělesa na několik malých prvků, které jsou pro výpočet jednodušší.

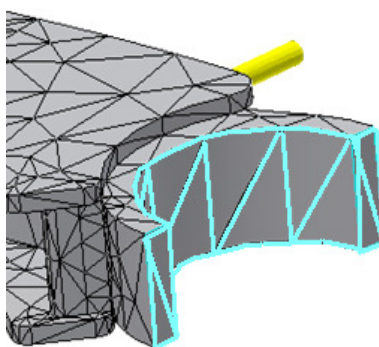
Součást jsem rozložila na průměrnou délku prvku 0,1mm, z čehož jde vidět vytvořená síť na obrázku 4.7. Páka je řešená pro max. zatížení, tudíž pro plynovou pružinu na pozici č.8. zatíženo je dvěma silami. Silou $F_{\text{vypalek}} = 1868\text{N}$ dle obrázku 4.7 a silou, kde se bude opírat svorka od lana $F_{\text{kladka}} = 14\,853\text{N}$ dle obrázku 4.8. Součást jsem zjednodušila rozdělením části, kde je uloženo ložisko, a tyto plochy využila pro pevnou vazbu obrázek 4.9, i když ve skutečnosti se polohovací páka otáčí.



Obrázek 4.7 Síla F_{vypalek}



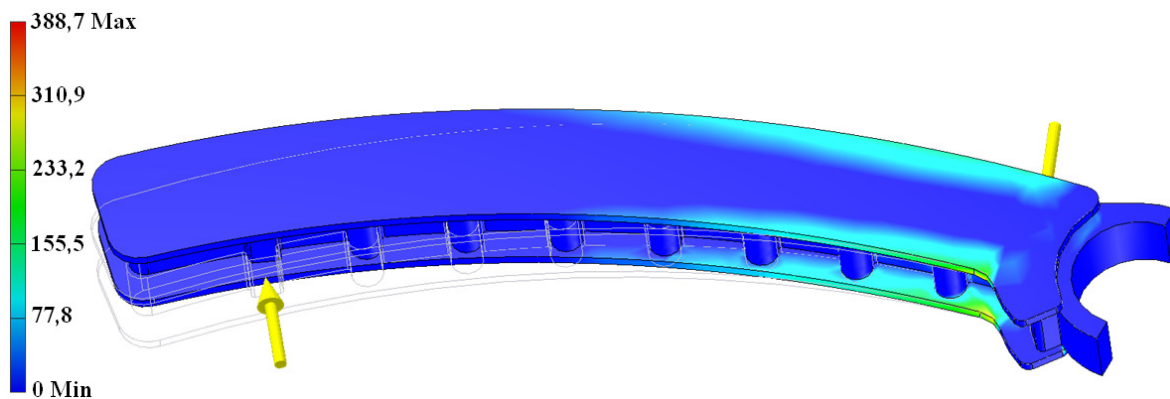
Obrázek 4.8 Síla F_{kladka}



Obrázek 4.9 Pevná vazba

Průběh napětí

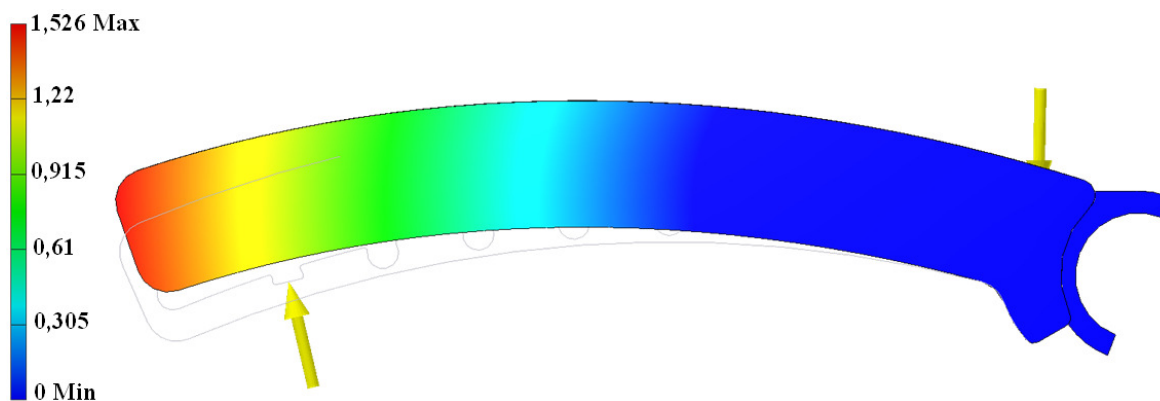
Průběh napětí je znázorněn v obrázku 4.10 Minimální napětí je nulové, značeno dle stupnice modrou barvou. Maximální vypočtené napětí 388,7 Mpa je v oblasti díry pro lano.



Obrázek 4.10 Průběh napětí

Průběh deformace

Vypočtena hodnota posunutí je přibližně 1,5mm. Skutečné hodnoty se mohou lišit způsobem vazbení a úpravou zkoušeného prvku.



Obrázek 4.11 Průběh deformace

5. ZÁVĚR

Ve své bakalářské práci jsem se zabývala vytvořením zařízení, které by nahradilo paži hráče pro hru „páka“. Prvotní vize konečné podoby konstrukce bylo malé přenosné zařízení s dosaženými požadovanými funkcemi plnit odpor. Doposud vyrobené podobné přístroje jsou pro provoz s nárokem na využití velkého prostoru a přívodem elektrické energie. Protože jsou to stroje pro zábavní průmysl, klade se velký důraz na design. Měřením studentů z Vysoké školy báňské jsem provedla průzkum sil, které slouží jako vstupní hodnoty.

Počátky návrhu mé práce spočívaly v hledání různých pružin, tažných i tlačných, které by se jednotlivě zapínaly a dle tuhosti vybrané pružinové oceli způsobovaly tlak na paži hráče. I přes několik druhů uložení a využití páky na pružinu jsem z této myšlenky upustila a do systému zavedla plynovou pružinu, která se oproti klasické pomalu vrací po odlehčení do původní polohy. Tímto je zajištěna bezpečnost pro hráče po upuštění páky. Další výhodou je snadné natáčení v porovnání s tlačnou pružinou, která by měla tendenci se ohýbat. Jestliže tlačím na pružinu po libovolném rádiusu, nezatěžuji ji přímo v ose a vznikají přídavná napětí, ta jsou nežádoucí a zbytečná, jestliže je možnost využít jiných alternativ. Návrh ztěžovala výška rámu, do kterého bylo nutno zakomponovat většinu součástí tak, aby nepřesahovaly výšku profilových trubek. Například sestava kladky a upevnění lana byla navržena mnoha způsoby, protože se pomocí několika možností seskupení nevlezla pod hranici s výškou rámu. Namáhané díly jsou doprovázené kontrolními výpočty a ukázky namáhání pomocí principu MKP (metoda konečných prvků). Z důvodu rozsahu práce jsem neprováděla bezpečnostní kontrolu rámu. Ten je však v místech většího zatížení zesílen oproti ostatním částech svářeence.

Plánem je projekt vyrobit, a proto jsem se snažila používat normalizované součásti. Mým úkolem bylo vytvořit a sestavit komponenty tak, aby bylo dosaženo požadovaných funkcí. Co se týká vzhledového pohledu na věc, byl tento úkol předán studentce designového oboru, která se zabývala ergonomií páky.

6. SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ

[1] Zábavné atrakce.cz. [online]. [citováno dne 16.listopadu 2009].

Dostupné z: < <http://www.zabavneatrakce.cz/atrakce/simulatory-a-trenazery/simulator-paky.html> >

[2] Business Development Agency, s.r.o. [online]. [citováno dne 16.listopadu 2009].

Dostupné z: < <http://www.zabavne-nafukovadla.cz/hraciautomaty.html> >

[3] SKF Ložiska, a.s. [online]. [citováno dne 20.března 2010].

Dostupné z: < <http://www.skf.com/files/515034.pdf> >

[4] SKF Ložiska, a.s. [online]. [citováno dne 20.března 2010].

Dostupné z: < <http://www.skf.com/skf/productcatalogue/Forwarder?action=PPP&lang=en&imperial=false&windowName=null&perfid=520190&prodid=5201900505> >

[5] SKF Ložiska, a.s. [online]. [citováno dne 5.dubna 2010].

Dostupné z: < <http://www.skf.com/files/515053.pdf> >

[6] REGION, spol. s r. o. [online]. [citováno dne 5.dubna 2010].

Dostupné z: < <http://www.region-lana.cz/ocelova-lana/jednopramenna-ocelova-lana/jednopramenne-ocelove-lano---19-dratu-1--6--12.html> >

[7] SKF Ložiska, a.s. [online]. [citováno dne 5.dubna 2010].

Dostupné z: < <http://www.skf.com/files/515071.pdf> >

[8] SKF Ložiska, a.s. [online]. [citováno dne 5.dubna 2010].

Dostupné z: < <http://www.skf.com/skf/productcatalogue/Forwarder?action=PPP&lang=en&imperial=false&windowName=null&perfid=141011&prodid=1410110303> >

[9] ELESAGANTER CZ s.r.o [online]. [citováno dne 28.března 2010].

Dostupné z: < <http://www.elesa-ganter.com/cz/32/sp/7319/4/85/odpruzene-srouby-s-kulickou/gn-615/eg/> >

- [10] ELESAGANTER CZ s.r.o [online]. [citováno dne 28.března 2010].
Dostupné z: < <http://www.elesa-ganter.com/cz/32/sp/7193/4/77/pakove-rukojeti-upinaci/erf./eg/> >
- [11] BETZ s.r.o. [online]. [citováno dne 16.prosince 2010].
Dostupné z: < http://www.betz.cz/automatizace/plynove_pruziny.html >
- [12] BETZ s.r.o. [online]. [citováno dne 16.prosince 2010].
Dostupné z: < http://www.betz.cz/download_soubory/Plynove_pruziny_Stabilus.pdf >
- [13] Hennlich Industrietechnik spol. s r.o. [online]. [citováno dne 28.duben 2010].
Dostupné z: < <http://www.hennlich.cz/obrazky.php?id=5647> >
- [14] DEJL, Zdeněk. *Konstrukce strojů a zařízení* I. Ostrava : Montanex a.s, 2000.225 s. IBN 80-7225-018-3.
- [15] LEINVEBER,Jan,VÁVRA,Pavel. *Strojnické tabulky*. Úvaly:ALBRA-pedagogické nakladatelství,2003.865 s. ISBN 80-86490-74-2.

7. SEZNAM PŘÍLOH

- A) Výkres sestavy: Testovací zařízení, číslo výkresu: BP2010-DOR079-01
- B) Výkres svářeence: Rám, číslo výkresu: BP2010-DOR079-02
- C) Výrobní výkres: Hřídel, číslo výkresu: BP2010-DOR079-03
- D) Kusovník1
- E) Kusovník2
- F) Vypracování bakalářské práce na CD nosiči